

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA**

# **Desarrollo de un sistema HMI para un almacén automatizado**

---

**-Proyecto fin de carrera-**



**AUTOR: ESTHER SALICHS SAN JOSÉ**

**DIRECTOR: MIGUEL ÁNGEL SALICHS**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**LEGANÉS, MADRID**

**ABRIL 2012**



<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. ALMACENES</b>	<b>7</b>
<b>Consideraciones para el diseño de un almacén</b>	<b>8</b>
Tipo y número de materiales	8
Unidad de carga	8
Equipo de almacenamiento	12
<b>Tipos de almacenes</b>	<b>13</b>
Según su relación con el flujo de producción	13
Según el material a almacenar	13
Según su localización	13
Según su función logística	14
<b>Operaciones fundamentales</b>	<b>15</b>
<b>Transportadores</b>	<b>16</b>
Tipos	16
<b>Métodos de almacenamiento</b>	<b>20</b>
Métodos Tradicionales (No Automatizados)	20
Métodos no Tradicionales (Sistemas de Almacenamiento Automatizados)	20
<b>Gestión de almacenes</b>	<b>24</b>
Fundamentos y principios	24
Importancia y objetivos	24
Procesos de la Gestión de Almacenes	25
<b>3. SISTEMAS DE SUPERVISIÓN</b>	<b>35</b>
<b>SCADA</b>	<b>35</b>
Características de un sistema SCADA	37
Prestaciones	39
Requisitos	40
Funciones del SCADA	40
Como facilitan las tareas de diseño los paquetes orientados HMI/SCADA	41
Componentes de Hardware	42
Elección de un SCADA	44
Flujo de la información	44
Estructura y componentes	45
Interfaces de comunicación	48
Tecnologías de integración	48
Implantación de un sistema SCADA funcional	51
Productos comerciales	52
<b>HMI</b>	<b>53</b>

Funciones de un Software HMI	54
Tipos de Software utilizados	55
Estructura general del software HMI	55
Comunicación	57
<b>Tendencias</b>	<b>57</b>
 <b>4. HMI V1</b>	 <b>59</b>
<b>Conexión</b>	<b>60</b>
TCP (Transmission Control Protocol)	60
UDP (User Datagram Protocol)	61
Protocolo utilizado	63
Configuración OPC Server	64
Conexión OPC-HMI	72
Carga de variables del PLC	73
<b>Estructura de las pantallas</b>	<b>75</b>
 <b>5. HMI V2</b>	 <b>89</b>
 <b>6. PANTALLAS OP</b>	 <b>99</b>
<b>OP del carro</b>	<b>102</b>
<b>OP de entrada</b>	<b>106</b>
<b>OP de salida</b>	<b>111</b>
 <b>7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS</b>	 <b>113</b>
 <b>8. REFERENCIAS</b>	 <b>117</b>
Almacén	117
SCADA	117
HMI	118
Protocolos de comunicación	118

# 1. Introducción

Cada vez más, los sectores en los que antes se trabajaba de forma artesanal han ido evolucionado de diferentes formas hacia un cierto grado de automatización. Dentro del sector secundario, esta evolución se ha producido especialmente en la industria. Una de las partes más importantes de muchas fábricas es el almacén, y su importancia tanto económicamente como a nivel logístico, hace que sea un punto clave para dicha evolución.

Una de las funciones claves a la hora de automatizar un almacén es tener la capacidad de supervisar lo que pasa en él. Para ello, se hace uso de HMI, interfaces humano-máquina diseñados para supervisar el proceso proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos). También proveen de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa.

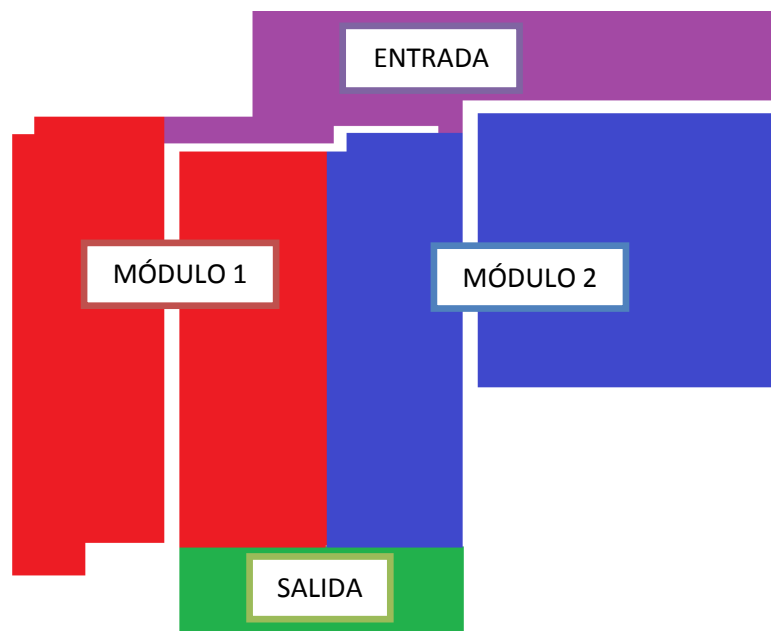
En este proyecto se ha desarrollado un sistema HMI para un almacén automatizado de una determinada instalación. El HMI ha sido instalado y probado en la instalación real.

Los objetivos que se plantearon para el proyecto fueron:

- Desarrollo de un sistema HMI en Visual Basic
- Conseguir un programa lo más eficiente y rápido posible con el fin de conseguir que se adapte lo máximo al análisis.
- Desarrollar un interface con el que el operario pueda interactuar lo más fácilmente posible y que se pueda adaptar adecuadamente a los futuros cambios.
- Desarrollar un HMI lo más completo posible, que permita no sólo poder supervisar lo que sucede en el almacén, sino otras funciones posibles, como dar o modificar órdenes de una mesa y rearmar los fallos.
- Desarrollar un programa de fácil accesibilidad y modificación para que se pueda adaptar de forma sencilla a su implementación en otros almacenes.

El almacén consiste en un sistema ASRS (Automated Storage and Retrieval System). Se divide en cuatro zonas: Dos módulos de almacenamiento, zona de entrada o producción y la zona de

salida o expedición. En estos momentos, sólo uno de los módulos (módulo 1) está en funcionamiento junto con unas pocas mesas transportadoras de la zona de entrada y salida.



Los paquetes llegan a través de diferentes mesas de transporte del tipo rodillos, cadenas, etc. y acaban en un elevador. En este caso, existen cuatro niveles diferentes de almacenaje destinados a los diferentes tipos de palets que producen en la fábrica. El elevador dispone cada palet en su correspondiente nivel, y una vez allí es recogido por una pequeña mesa de cadena llamada BC (Buffer Conveyor). De la BC se transporta al carro el cual se compone de dos partes: un AS (Aisle Suttle) y un RS (Row Suttle). El AS es el portador del RS y lo traslada hasta la fila correspondiente donde el RS saldrá del AS y se moverá dentro de los carriles ya sea para dejar o para ir a buscar el palet.





En el proyecto, primeramente se hará una explicación de términos importantes a tener en cuenta para el desarrollo de mismo.

Se explicará lo qué es un almacén, que tipos hay, así como sus funciones principales. En este proyecto es importante hacer la diferenciación entre los almacenes tradicionales y los automatizados, ya que el trabajo realizado consiste en una evolución hacia los automatizados. Así mismo, se definirán los distintos transportadores utilizados en un almacén.

La gestión de almacenes tiene gran importancia en ellos, y por tanto, muchas de las funciones dentro del almacén dependen de esa gestión. Estos procesos se definirán en el proyecto así como sus distintas funciones y características.

Tras explicar el concepto de almacén, en el siguiente capítulo se hará hincapié en los sistemas de supervisión típicos en los sistemas automatizados. Se diferenciará entre los términos SCADA y HMI, se definirán sus funciones y el hardware que utilizan cada uno, entre otros aspectos.

En la segunda parte del proyecto se explicará el trabajo realizado. Este se divide en dos partes. La primera consiste en el desarrollo de un sistema HMI encargado de la supervisión de todo el almacén automatizado donde se ha implementado. Este HMI tiene como visor el propio ordenador donde se inserta el programa diseñado, el cuál, por cuestiones plenamente económicas se decidió hacer en Visual Basic y no otro software de los que están en venta para dicha función. Para el desarrollo del HMI, se tuvo en cuenta los dos tipos de comunicaciones posibles: TCP y UDP. Éstas serán las que definan las dos versiones que se hicieron, de las cuales se explicarán no sólo el diseño de las pantallas, sino las implicaciones que tenía utilizar un tipo de comunicación u otro, y las principales ventajas y desventajas de los programas.

Además del HMI diseñado para todo el almacén, se implantaron unas pantallas táctiles, denominadas OP (Operation Panel), en las diferentes zonas del almacén: en cada nivel del almacén, la zona de entrada y la de salida. Para ello se hizo uso de las pantallas KTP400 de Siemens y el software utilizado fue el propio de la marca, el TIA Portal. Estas pantallas están diseñadas para el movimiento manual de cada máquina del almacén y por ello, su necesidad de estar cerca de ellas. Por esta razón, las pantallas de cada nivel están montadas en los propios carros AS, mientras que las OP de las zonas de entrada y salida están ubicadas de forma que se pueda alcanzar con la vista las máquinas que constituyen cada zona. Aunque su

función principal es la de movimiento de las máquinas, también muestran datos de dichas máquinas a tener en cuenta como fallos, presencias y número de orden.

Tras terminar de explicar el diseño de estas OP, finalmente se plantearán las conclusiones a las que se ha ido llegando tras el trabajo realizado así como trabajos que se han ido realizando desde entonces y los posibles trabajos que podrían realizar basándose en éste.



## 2. Almacenes

Un almacén es un espacio físico dedicado al almacenaje de bienes. En él se pueden almacenar desde materias primas hasta productos semielaborados o productos ya terminados. Sirve como regulador de mercancías entre lo que se produce y lo que se demanda.



Las instalaciones, equipo y técnicas varían mucho dependiendo de las características del material a manejar, como pueden ser el tamaño, peso, durabilidad, duración y tamaño de lote. Los aspectos económicos también serán relevantes, ya que los costos de almacenamiento y retiro no agregan ningún valor a los productos y por tanto, habrá que intentar minimizarlos. Otros aspectos a tener en cuenta a la hora del diseño son el tamaño del inventario y la ubicación, medidas respecto a la inspección de la calidad, medidas relativas a la selección y

empaquetamiento, apilamiento para recibir y embarcar mercancías, número de andenes apropiados para embarcar y recibir mercancías, y mantenimiento de registros.

Gestionar un almacén, como parte esencial de la cadena logística, implica controlar la entrada, ubicación, movimientos y salida hasta su destino final, de las mercancías ubicadas en el recinto de almacenaje, con el consecuente tratamiento de la información generada de los movimientos propios.

Una eficiente y adecuada gestión del almacén permitirá obtener fácilmente una información fiable y altamente disponible que nos ayudará a conocer al instante dónde y cómo deben ser almacenados los productos que llegan a la compañía cuyo destino es el almacén de ésta.

## Consideraciones para el diseño de un almacén

### Tipo y número de materiales

Constituye la base del diseño. Las características físicas del material como las dimensiones, peso, forma y durabilidad determinan en gran parte los métodos para almacenamiento y manejo. Un primer paso para la planificación sería detectar los diferentes materiales que se almacenarán, sus características físicas y la cantidad de cada material. Estas características son principalmente:

- **Ratio volumen/peso:** La densidad es un factor con gran implicación en los costes logísticos, ya que una alta densidad conlleva un uso eficiente de los elementos de transporte y almacén y que los sistemas de almacén deban ser resistentes. Por el contrario, los productos de baja densidad son muy ineficientes en cuanto a coste de distribución.
- **Ratio valor/peso:** Un alto valor refleja que el producto tendrá una mayor capacidad de absorber los costes de distribución. Es decir, los productos con un alto ratio, tendrán costes relativos de transporte bajos frente a los de ratio bajo. Los costes de almacén por el contrario serán bajos en los de ratio bajo ya que el almacenamiento de productos baratos es barato. Esto hace que se tenga en cuenta en decisiones como la cercanía ante el punto de venta y el de embalaje.
- **Posibilidad de sustitución:** Productos como los alimentos básicos de sustitución elevada obligan a tener grandes cantidades de stock (almacén caro) o sistemas de distribución muy eficientes (transporte caro).
- **Características especiales:** Tales como materiales peligrosos, productos frágiles, bienes perecederos, productos refrigerados o productos de muy elevado valor.

### Unidad de carga

El responsable de almacén puede necesitar ayuda del gerente de ventas en cuanto a niveles de inventario de productos terminados y del gerente de producción a fin de establecer los niveles

de materia prima y artículos en proceso. Los factores como el consumo estacional, cambios en la mezcla de productos y rotación esperada de inventarios, influyen en la determinación de niveles de inventarios. Una vez determinado el nivel de inventario de cada artículo almacenado, se selecciona una unidad de almacenamiento, la cual es el número mínimo de artículos que se almacenan como unidad. Ésta se suele seleccionar de acuerdo con las características físicas del material, el equipo disponible para manejo y almacenamiento, la cantidad y la forma en la cual se recibe o embarca el material. La selección de una unidad de carga óptima está muy ligada a los costes logísticos generales de una empresa, los costes asociados a la manipulación, los costes de No-Calidad asociados a roturas y desperfectos y los costes de carga y descarga. Su objetivo será, por tanto, minimizar los costes al mismo tiempo que sea homogénea y única la unidad de carga, para simplificar los sistemas de almacenamiento y utilizar unos equipamientos estandarizados y más baratos.

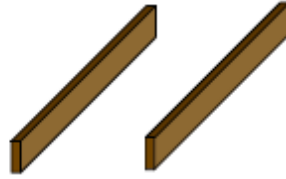
A la hora de elegir una unidad de carga se deben de tener en cuenta las siguientes dos características:

- **Resistencia:** Capacidad de soportar su peso o el de otras unidades de carga. Si es posible apilar la unidad de carga no necesitaremos equipo de almacén, pero en el caso de que no lo sea se puede hacer uso de elementos tales como paletas, pilares,... que dotan a la unidad de carga de esa característica.
- **Estabilidad:** Se puede conseguir a partir de tres medios.
  - **Correcta configuración de la unidad de carga:** Esta se hará intrínsecamente estable. Se puede hacer con diferentes métodos, ya sea mediante placas de cartón entre placa y placa o haciendo diferentes las capas pares de las impares.
  - **Retractilado:** Consiste en envolver mediante películas de plástico que abrazan la mayor parte de la superficie de las cargas de forma regular, permitiendo un ajuste perfecto de la película. De esta forma se protege la unidad de carga además contra roturas, contra inclemencias del tiempo y contra los sistemas de extinción de incendios. La desventaja es que habrá que incluir la operación de retractilar y quitar el retráctil al proceso de generación de la unidad de carga.
  - **Flejado:** Consiste en colocar cinchas o bandas de goma, de Nylon, o de otros materiales, con resistencia a la cizalladura pero con un cierto grado de elasticidad. Por supuesto habrá que evitar que el flejado dañe el producto colocando trozos de cartón donde el fleje cambia de dirección.

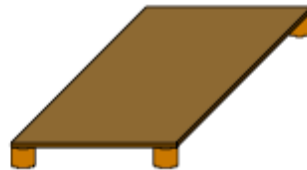
La unidad de carga puede ser mayor que una unidad para embarque o una unidad de producción. En este caso se proveen instalaciones para surtir órdenes o pedidos de los materiales utilizados en lotes menores a la unidad de almacenamiento. Hay que establecer también el nivel de servicio del almacenamiento en operaciones para surtir pedidos.

La unidad de carga puede disponer de elementos auxiliares, los cuales pueden ser:

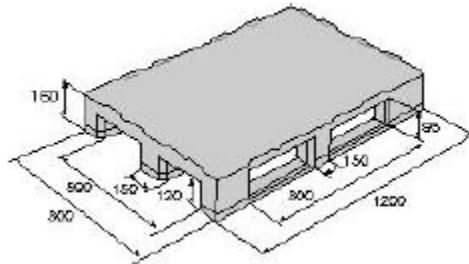
- **Skids:** Barras de madera o metal que eleva el producto lo suficiente para que el equipo de manutención quepa por debajo del producto y lo pueda coger.



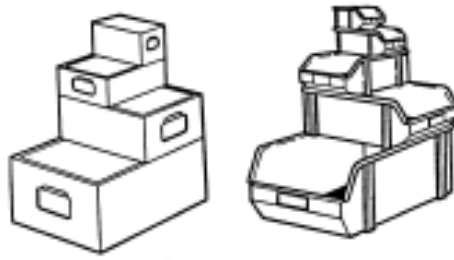
- **Plataformas:** Placas de madera con cuatro pies, que permiten depositar los productos sobre ellos y que el método de transporte pueda llevárselo de modo conjunto.



- **Paleta:** Plataforma horizontal de altura reducida al mínimo compatible con su manejo mediante carretillas elevadoras de horquilla, transpaleta o cualquier otro mecanismo elevador de manutención. Pueden ser desde paletas reversibles, recuperables o de un solo uso. Se pueden diferenciar entre paletas de dos o cuatro entradas indicando el número de lados por las que permiten el paso de las horquillas. Aunque existen de acero, plástico y otras aleaciones, las más comunes son las de madera por su bajo coste.



- **Cajas:** Contenedores pequeños para piezas y para rápida preparación manual de pedidos. Pueden remplazar a los elementos de estantería por su mayor adaptabilidad ya que sirven como medio de transporte y como medio de almacenaje en el taller.



- **Cajas-Paletas:** Paletas con al menos tres paredes verticales, llenas o caladas, fijas plegables o desmontables, provistas o no de tapadera. Si permiten el apilado pueden construir simultáneamente el sistema de almacenamiento y la unidad de carga con las múltiples ventajas que ello supone. Pueden ser diseñadas especialmente para cualquier tipo de producto y al incluirle ruedas se obtiene además un elemento de transporte de manutención.



- **Contenedores ISO:** Utilizados sobre todo para el transporte marítimo.



- **Practicable:** Contenedor que siempre recibe el mismo tipo de piezas y que permite la manutención y almacenamiento de estos con medios convencionales.



## Equipo de almacenamiento

Tras haber establecido las unidades y niveles de almacenamiento se selecciona el equipo de almacenamiento. Debe ser compatible con la capacidad de carga de los pisos, altura libre debajo de los rociadores contra incendios y acero estructural, espaciamiento entre columnas, ubicación de andenes para recepción y embarque, etc...

Las características de la unidad de almacenamiento determinan el tipo de equipo necesario. Los niveles de inventario que se deben mantener, determinan el número de unidades del equipo de almacenamiento. Las características de los materiales y su volumen de movimiento son factores decisivos en la selección del equipo para manejo de materiales.

El equipo de almacenamiento aparte de los distintos elementos de transporte y carga-descarga, está constituido también por las estanterías utilizadas para almacenar las unidades de carga. Además de las estanterías, también se puede definir el piso como equipo de almacenamiento si se usa en parte o en su totalidad. Las unidades de almacenamiento, como tarimas con productos enlatados empacados, que tienen rigidez y estabilidad para soportar otras hileras, se suelen apilar en el piso. Las unidades de almacenamiento pesadas o voluminosas y carentes de rigidez y cuyo número es pequeño se almacenan mejor en estanterías. Las unidades de almacenamiento pequeñas, como relojes de pulsera o tornillería se almacenan en estanterías y casilleros.

El tiempo de transporte y almacenaje del producto supone habitualmente la mayor parte del tiempo total que el producto permanece en la planta industrial. De ahí radica la importancia de optimizar el rendimiento de la planta respecto al abanico de posibilidades en sistemas de transporte y almacenaje. El almacén automático es una de las soluciones más eficaces gracias a su optimización del espacio, tiempo y recursos. Debe desarrollarse en un entorno totalmente controlado, diseñado como un todo en el que cada solución parcial debe integrarse por completo en el entorno global.

Toda la instalación debe de cumplir con una velocidad de flujo alineada con la productividad deseada, con flexibilidad a la hora de adaptar las diferentes necesidades así como una alta precisión en todos los movimientos.

# Tipos de almacenes

Se pueden clasificar de las siguientes formas:

## Según su relación con el flujo de producción

- **Almacenes de materias primas:** Aquellos que contiene materiales, suministros, envases, etc., que serán posteriormente utilizados en el proceso de transformación.
- **Almacenes de productos intermedios:** Aquellos que sirven de colchón entre las distintas fases de obtención de un producto.
- **Almacenes de productos terminados:** Exclusivamente destinados al almacenaje del resultado final del proceso de transformación.
- **Almacenes de materiales auxiliares:** Sirven para almacenar repuestos, productos de limpieza, aceites, pinturas, etc. La demanda de estos productos suele ser estocástica.
- **Almacenes de preparación de pedidos y distribución:** Su objeto es acondicionar el producto terminado y ponerlo a disposición del cliente.

## Según el material a almacenar

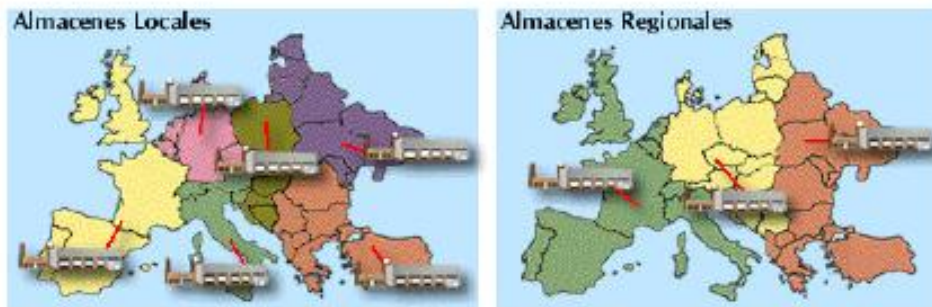
- **Almacén para bultos:** El material se junta en unidades de transporte y de almacén óptimas para el aprovechamiento pleno de la capacidad de carga de un vehículo para conseguir su transporte económico.
- **Almacén de graneles:** Si es posible, debe estar en las proximidades del lugar de consumo debido a que el transporte es costoso. Hay que hacer transportable y almacenable el material que se puede verter. Su contenido debe poderse medir automáticamente, su extracción regulable y con conexión a un medio de transporte.
- **Almacén de líquidos:** El material utilizado es específico de granel y se puede transportar por cañerías.
- **Almacén de gases:** Requiere unas medidas de seguridad especiales que han de ser observadas por la alta presión o la particular inflamabilidad.

## Según su localización

- **Almacenes centralizados:** Aquellos que se localizan lo más cerca posible del centro de fabricación.
- **Almacenes locales y regionales:** Aquellos que se ubican cerca del punto de consumo.



La elección de almacenes centrales o almacenes regionales depende del tipo de carga y la estructura de costes de la empresa. Así productos de bajo valor, o costes de transporte elevados, conducen al uso de almacenes regionales. Por el contrario, con costes de almacén elevados por el valor del producto, se tiende al uso de almacenes centrales. En cualquier caso, existen métodos para la evaluación de la mejor decisión.



Los almacenes locales se sitúan muy próximos a los mercados objetivo, reduciendo de este modo los tiempos de transporte y de entrega al cliente, e incrementado la satisfacción del mismo. Si la demanda está dispersada geográficamente y con difícil predicción, los almacenes locales pueden llevar a altos costes de existencias.

Los almacenes regionales son similares a los locales pero están enfocados a mercados más grandes por lo que, el número de almacenes se ve reducido. Un menor número de almacenes puede reducir los costes de existencias reduciendo los costes totales asociados a los productos, pero puede también incrementar las distancias de envío y entrega, lo que puede afectar a la satisfacción del cliente.

### Según su función logística

- **Centro de consolidación:** Estos almacenes reciben productos de múltiples proveedores y los agrupan para servirlos al mismo cliente. Se justifica en aquellos casos en los que los pedidos incluyan una gran diversidad de productos. Se ahorra debido al uso de medios eficientes de transporte al agrupar los envíos reduciendo eventualmente los niveles de stock en el cliente.
- **Centro de ruptura:** Tienen la función inversa de los centros de consolidación. Recibe la carga de un número reducido de proveedores y sirven a un gran número de clientes, con necesidades dispares. Reducen el número de contactos de los fabricantes con los clientes finales y reducen el movimiento de los clientes que únicamente han de acudir a un centro de ruptura para recoger múltiples productos.

En el caso de empresas con múltiples proveedores y clientes, se suele tener un centro de consolidación para el aprovisionamiento y un centro de ruptura para la distribución. Esto se conoce como separación del almacén de reserva y picking.



- **Centro de tránsito (Cross-dock):** Son almacenes que mueven productos sin llegar a almacenarlos. Se define como la utilización de instalaciones intermedias (almacenes temporales) para el movimiento de mercancías de una ubicación a otra, especialmente entre los muelles de carga y los de descarga. Un “cross-dock” típico es un muelle de carga de camiones donde el material es transferido de un camión a otro sin necesidad de ser almacenado. Por su naturaleza, el “Cross-docking” o “Paso Directo” puede ser considerado como un modelo de distribución más que de almacenaje. Las empresas de distribución son las que mejor se prestan a este sistema, ya que les permiten recepcionar grandes volúmenes de pedidos, para posteriormente clasificarlos, ordenarlos y agruparlos, permitiéndoles reducir el tiempo de preparación y envío al cliente y no generar inventario. También otras empresas pueden verse beneficiadas por el cross-docking en tanto en cuanto evitan la utilización de centros de distribución con inventarios. Para ello, deben considerar las alteraciones que les va a producir en el resto de operaciones y en la relación con el cliente. Este método tiene la necesidad de una exhaustiva comunicación y coordinación entre las operaciones de almacén, por lo que es recomendable la utilización de sistemas electrónicos de información.

Son muy complicados de gestionar pero permiten aumentar la eficiencia de transporte entre nodos y mantener altos niveles de servicio al cliente reduciendo el stock total.

- **Almacenes cíclicos o estacionales:** Recogen una producción puntual para hacer frente a una demanda constante o una demanda puntual frente a una producción más constante.
- **Almacenes de custodia a largo plazo:** Su principal objetivo es estar lleno, sin importar los costes de transporte, demandas o ritmos de producción.

## Operaciones fundamentales

1. **Entrada de bienes:** Recepción de las mercancías a través de los muelles de carga, pasando por los controles de calidad, cuarentenas y cambios de embalaje necesarios.
2. **Almacenamiento:** Disposición de las cargas en su ubicación con el objeto de retenerlas hasta su puesta a disposición
3. **Recogida de pedidos:** Conocida también por picking, es la operación por la que se convierten las unidades de carga de compra en unidades de venta.
4. **Agrupación-Ordenación:** Dependiendo del procedimiento de generación de pedidos, y de la configuración del sistema de distribución, será necesario establecer un sistema para agrupar y ordenar los pedidos según las rutas de distribución.
5. **Salida de bienes:** El control de salidas, recuento numérico o control de calidad y el embarque en el medio de transporte correspondiente son las funciones con las que finaliza el proceso.

# Transportadores

Son usados para mover los materiales en cantidades relativamente grandes entre localizaciones específicas sobre un trazo fijo. Tienen las siguientes características:

- Son generalmente mecanizados y algunas veces automáticos.
- Son de posición fija para establecer las rutas.
- Pueden estar montados en el piso o en el aire.
- Casi siempre están limitados a una dirección.
- Generalmente mueven cargas discretas.
- Pueden ser usados para entrega o almacén.

## Tipos

- 1) **Transportador de rodillos:** Es muy común. Consiste en una serie de tubos o rodillos que son perpendiculares a la dirección del viaje, los cuales están colocados en un marco fijo que eleva el camino sobre el nivel del piso desde varias pulgadas a varios pies. Pueden ser movidos tanto por motores como por gravedad.



- 2) **Transportador de rueda de patineta:** Similares en operación al transportador de rodillos, pero en vez de rodillos, tienen ruedas de patineta conectadas al marco para hacer rodar la plataforma de carga a lo largo del camino. Sus aplicaciones también son similares al de rodillos excepto, que las cargas deben ser más ligeras ya que el contacto entre las cargas y el transportador son mucho más concentradas.
- 3) **Cintas transportadoras:** Bandas planas para plataformas de carga, partes o ciertos tipos de bultos de material. Los materiales se colocan en la superficie de la banda y viajan a lo largo de su trazo. La banda es colocada en un bucle cerrado, así que la mitad de su longitud puede ser usada para dejar material y la otra mitad es para retornarla. La banda es soportada por un marco que tiene rodillos u otros soportes. En cada extremo del transportador hay poleas que mueven la banda.



- 4) **Transportador de cadenas:** Hechas de enlaces de cadena en una configuración superior e inferior alrededor de la rueda dentada en los extremos del camino. Puede haber una o más cadenas operando en paralelo para formar el transportador. Las cadenas viajan a lo largo de los canales que proveen soporte a la cadena flexible.



- 5) **Transportador de tablilla:** Usa plataformas individuales, denominadas tablillas, que son conectadas a una cadena de movimiento continuo. Aunque su mecanismo es manejado por la cadena, opera como una banda. Las cargas son colocadas en la superficie plana de las tablillas y son transportadas a lo largo de ellas.
- 6) **Transportador de tranvías aéreo:** Un tranvía para manejo de material es un carrito en una vía desde las cuales las cargas pueden ser suspendidas. Este transportador consiste en múltiples tranvías, espaciados a una distancia igual a lo largo del sistema del riel por medio de una cadena. El camino es marcado por la configuración del riel del sistema. Suspendidos de los tranvías se colocan ganchos, canastas u otros receptores para llevar las cargas.



- 7) **Transportador de remolque en piso:** Usa carritos movidos por medio de cadenas o cables localizados en zanjas en el piso. La cadena o cable es llamado línea de remolque. La trayectoria del transportador es definida por la zanja y el sistema del cable. Los carros usan polos de acero habituales que trabajan debajo de la superficie del piso dentro de la zanja para atraer la cadena para remolcar.



- 8) **Transportador de carro en pista:** Usa carros individuales llevados en una vía de dos rieles contenidos en un marco unos pocos pies por encima del piso. Los carros no son energizados individualmente, sino que son impulsados por medio de tubos rotatorios que corren entre los dos rieles. La velocidad del carro es controlada al regular el ángulo de contacto entre la rueda impulsora y el tubo giratorio. Cuando la rueda es perpendicular al tubo, el carro se mueve, y si el ángulo es incrementado, la velocidad se incrementa. Los carros pueden alcanzar relativamente alta precisión de posición permitiendo, su uso para posicionar trabajo durante la producción. Se suele utilizar en líneas de soldadura de puntos de robótica y sistemas de ensamble mecánico.
- 9) **Vehículo de guiado automático (AGV):** Es un vehículo que se mueve de manera automática, sin conductor. Los sistemas de AGVs están concebidos para la realización del transporte de materiales, especialmente en tareas repetitivas y con alta cadencia. Este sistema garantiza el transporte de materiales en una ruta predeterminada, de manera ininterrumpida y sin la intervención directa del hombre.

Hay múltiples sistemas de guiado, convirtiendo a cada uno de ellos en idóneo para cada entorno concreto:

- Sistema de guiado láser por reflectores.
- Sistema de guiado láser por contorno.
- Sistema de guiado por puntos magnéticos.
- Sistema combinados (láser + puntos magnéticos).
- Sistema combinados (láser + láser de contorno).
- Sistema de guiado por banda magnética.
- Sistema combinados (Láser + banda magnética).
- Sistema combinados (Láser + filoguiado).
- Sistema de guiado óptico.
- Sistema de guiado por visión artificial.
- Sistema de guiado filoguiado.

**10) Transelevador:** Máquina de transporte y elevación utilizada para el almacenaje de mercancías en los compartimentos de una estantería. Las entradas y salidas de la carga o mercancía se efectúan por medio de dispositivos de toma de carga o mediante un operario.

Realiza el transporte de las cargas a base de tres movimientos principales lineales a través de un pasillo y acotados permitiendo, su almacenamiento en una estructura de estanterías determinada. Estos tres movimientos son:

- Traslación: Movimiento de toda la maquina en dirección longitudinal al pasillo.
- Elevación: Movimiento vertical del carro elevador.
- Entrada y salida: Movimiento lateral del dispositivo de toma de carga.



# Métodos de almacenamiento

## Métodos Tradicionales (No Automatizados)

Siendo los más extendidos y accesibles por sus costes de adquisición hasta ahora. Pero se están viendo desplazados por los automatizados. La creciente necesidad de contar con el espacio físico en altura, que se hace inaccesible en el sistema tradicional, obliga a los empresarios a optar por los sistemas de almacenamiento donde el espacio físico aéreo es bien aprovechado. Los más típicos son:

- Almacenamiento de bulto.
- Almacenamiento de cajón.
- Almacenamiento de estanterías.

## Métodos no Tradicionales (Sistemas de Almacenamiento Automatizados)

Son estructuras, generalmente de gran altura, donde los elementos de almacenamiento y los elementos de manipulación van integrados y controlados por un sistema informático.



Predomina la rapidez de manipulación de almacenaje y recuperación y se gana en espacio aéreo. Además, reducen o eliminan la cantidad de inversión y participación humana.

Existen dos tipos de almacenes automatizados:

- **Almacenamiento automatizado /Sistemas de recuperación:**

Una combinación de equipo y control los cuales manejan, almacenan y recuperan material con precisión y velocidad bajo un grado de automatización definido. Si la carga es grande (una paleta o mayor) se denomina AS/RS mientras que para unidades pequeñas se denomina "MiniLoad".





Consisten en una serie de almacenes (AS) aislados que son servidos por una o más máquinas de almacén/recuperación (RS). La isla tiene anaqueles de almacenamiento para los materiales a ser almacenados. Los RS (normalmente transelevadores) son usados para entregar y recuperar materiales desde el anaquel. Tiene como componentes la estructura de almacenamiento, los módulos de almacenamiento, la máquina de RS y la estación de comando. Estos sistemas, sobre todo, revolucionan la forma de almacenaje rápido y permiten ganar espacio aéreo.

El sistema informático ubica los productos en las estanterías mediante el transelevador. Cuando las mercancías son requeridas, el sistema informático lanza la orden de recogida. Son almacenes de gran altura. Los AS/RS pueden sobrepasar los 35 metros de altura mientras que los MiniLoads sobrepasan los 12 metros de altura. Los almacenes tipo AS/RS suelen ser estructuras autoportantes en los que el soporte del edificio coincide con el soporte de las cargas. Se trata de estructuras de gran altura donde tiene gran importancia un perfecto nivelado, ya que pequeñas diferencias en el suelo se pueden convertir en un obstáculo insalvable para un sistema gobernado por un sistema informático.

El principal problema de control es posicionar la máquina RS con una tolerancia aceptable en el compartimiento del almacén para depositar o recuperar una carga específica. Las localizaciones del material deben determinarse para dirigir la máquina RS para un compartimento particular.

Están muy difundidos en Europa y Norteamérica. Permiten almacenar aprovechando la altura o espacio aéreo para lo que se utilizan sistemas de transporte horizontal que se desplazan en rieles entre estantes, que son dirigidas y manipuladas por medio de una estación o cabina de mando.

Los almacenes AS/RS se recomiendan para empresas con una alta rotación de artículos, muy alta gama de referencias, de unidades homogéneas de volumen de paleta o superior donde la superficie disponible exija grandes alturas de almacenamiento. Los almacenes MiniLoad se recomiendan para artículos de poco volumen y elevada cantidad de referencias, con un muy alto movimiento de artículos.

- **Sistemas de almacenamiento de carrusel:**

Consiste en una serie de arcas suspendidas de un transportador de cadenas elevado, que gira alrededor de una pista, mientras que el carrusel puede estar en la parte superior o inferior. La pista es similar a un sistema transportador de tranvía. Su propósito es posicionar los cubos en una estación de carga y descarga en el final de la pista. La estación de carga y descarga es tripulada por un trabajador humano quien activa al carrusel energizado para entregar una canasta a una estación. Una o más partes son removidas desde la canasta y el ciclo es repetido.



De esta forma se aprovecha el espacio vertical y aporta un alto rendimiento, alta fiabilidad y sobre todo versatilidad. Debido a su adaptabilidad y reducción de tiempos para los procesos de *picking*, tienen una alta aceptación en los almacenes de repuestos.

La estructura del carrusel consiste en marcos de acero soldado que soportan a las vías en óvalo. El carrusel puede ser un sistema aéreo o un sistema montado en el piso. El diseño de las canastas debe ser acorde con las cargas a ser almacenadas.

Existen unos criterios por los cuales se pueden medir los sistemas automáticos:

- Capacidad del almacén: Número total de cargas individuales que pueden ser almacenadas y el tipo de cargas. Determina el tamaño físico del almacén.
- Flujo de carga: Número de cargas por hora que el sistema puede recibir y colocar en el almacén, y recoger y entregar en la estación de salida.
- Confiabilidad: Porcentaje del tiempo que el sistema es capaz de operar comparado al tiempo programado normalmente.

En los almacenes automatizados se emplean múltiples tecnologías, entre las que se encuentran las siguientes:

- Código de barras.
- Etiquetas de radiofrecuencia (RFID).
- Comunicaciones por radiofrecuencia.
- Ordenadores de a bordo.



- Terminales portátiles.
- Intercambio Electrónico de datos (EDI).
- Reconocimiento de voz.
- Sistemas integrados de gestión logística.

Gracias a la utilización de un Sistema de Gestión de Almacenes (SGA) óptimo y el uso de almacenes automatizados, se podrán conseguir los siguientes objetivos:

- Mejorar la gestión y aprovechamiento de la máxima capacidad de almacenaje gracias a la gestión online de ubicaciones.
- Mejorar y asegurar el servicio a los clientes de la empresa al aminorar los errores humanos en la preparación de pedidos y en el stock.
- Obtener un mayor rendimiento en el almacén mediante el control y gestión de los recursos operativos.
- Mejorar los procesos propios del almacén, como inventarios, procesos de ubicación y traspaso, así como procesos de agrupación de mercancías entre otros, evitando de esta forma, en la medida de lo posible, errores provocados por el factor humano.

Otra decisión que para la empresa es fundamental es el grado de automatización del almacén, ya que éste puede ser totalmente o parcialmente automatizado. Por ello, es fundamental que se personalice al máximo el proyecto para ajustarlo a las necesidades y características presentes y futuras de la empresa, el volumen de movimientos, el número de referencias a manipular, etc...

A su vez, un almacén automatizado está relacionado con dos factores muy importantes a tener en cuenta: la mano de obra logística y las exigencias comerciales del mercado. Esto significa un personal cualificado difícil de encontrar, aparte de caro, así como un mercado tan competitivo como el actual en el cual se le exige mucho a la empresa, exigencias que son mucho más fáciles de cumplir con un almacén mecanizado.

Al trabajar con almacenes automatizados tendremos las siguientes ventajas:

- La gestión automática reduce los errores y accidentes en el almacén.
- Se reduce el tiempo de manutención.
- El empleo de los transelevadores permite almacenar a grandes alturas lo que permite un óptimo aprovechamiento del suelo disponible.
- Reduce el costo de personal, aunque a costa de aumentar otros derivados de los equipos automáticos.
- Control absoluto del stock.

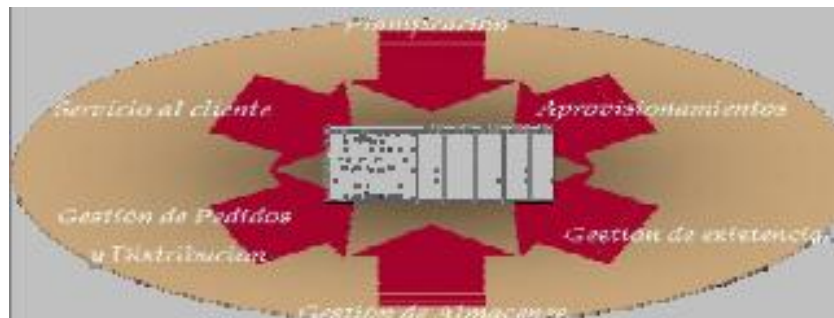
Así como las siguientes desventajas:

- Las paletas se estandarizan.
- Alta inversión, así como alto costo de mantenimiento de los equipos. Esto va a depender de las dimensiones del almacén.
- Los precios oscilan entre 1 a 5 millones de dólares, pudiendo aumentar según la necesidad de la empresa.
- Necesidad de un sistema informático muy robusto.

## Gestión de almacenes

Se define como “proceso de la función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaboradas, terminadas, así como el tratamiento e información de los datos generados”.

El ámbito de responsabilidad del área de almacenes nace en la recepción del elemento físico en las propias instalaciones y se extiende al mantenimiento del mismo en las mejores condiciones para su posterior tratamiento, guardando evidencia de ello.



La Gestión de Almacenes se sitúa en el mapa de Procesos Logísticos entre la Gestión de Existencias y el Proceso de Gestión de Pedidos y Distribución. La propia evolución de la logística ha provocado el solapamiento de funciones y responsabilidades, llegando a la confusión, principalmente entre la Gestión de Inventarios y la Gestión de Almacenes. Será el mismo origen de la existencia del almacén el que marque el límite entre las dos gestiones. De la misma manera, cuando los objetos pasan a ser pedidos, se finaliza la función de la Gestión de Almacenes y la responsabilidad pasa al Proceso de Gestión de Pedidos y Distribución.

### Fundamentos y principios

La idea de un almacén nace de la imposibilidad de reducir a cero el intervalo de tiempo entre la preparación para consumo de un producto y el acto en sí del consumo, ya sea debido a ajustes entre oferta y demanda o por características del producto. Por ello, es aplicable tanto a necesidades externas de consumo como internas entre procesos o áreas. Otro aspecto que da sentido a los almacenes viene directamente de razones financieras. Por ejemplo, puede salir más rentable realizar aprovisionamientos en grandes cantidades para reducir los precios o realizar movimientos de materiales en grandes cantidades.

### Importancia y objetivos

Una de las características principales de un almacén es la ausencia de actividades que añadan valor a los materiales que maneja. Aun así, se sitúan en una posición vital como proceso soporte de la función logística y justifican la necesidad de desarrollar una Gestión de Almacenes en toda su extensión brindando a la empresa los siguientes beneficios:

- Reducción de tareas administrativas.
- Agilidad del desarrollo del resto de procesos logísticos.
- Mejora de la calidad del producto.
- Optimización de costes.
- Reducción de tiempos de proceso.
- Nivel de satisfacción del cliente.

La Gestión de Almacenes es ampliamente contemplada en la ISO 9000 en la que se normaliza las actividades desarrolladas en el almacén, así como las zonas que una empresa debe habilitar para el aseguramiento de su sistema de calidad.

## **Procesos de la Gestión de Almacenes**

Un primer proceso será el de planificación y organización de los almacenes como subproceso inicial. En un segundo nivel, estarían los subprocesos que componen la gestión de actividades y objetivos de los almacenes y que abarca la recepción de los materiales, su mantenimiento en el almacén y el movimiento entre zonas de un mismo almacén. Por último, se sitúa la gestión de las identificaciones, registros e informes generados a lo largo de los procesos anteriores.

### ***Planificación y Organización***

Abarca las actividades de carácter estratégico y táctico al tener que dar solución a las necesidades de recursos y ubicaciones en línea con las políticas y objetivos generales de la compañía.

### **Diseño de la Red de Distribución y Almacenamiento**

Una Red de Distribución es el conjunto de todos los centros de distribución, almacenes y rutas de transporte entre ellos. El diseño de una Red de Almacenamiento consiste en la planificación y ubicación estratégica de los almacenes y centros de distribución de manera que permitan gestionar el flujo de productos desde uno o más orígenes hasta el cliente. Desarrollar una adecuada red de almacenes para la compañía y los clientes requieren considerar una cantidad significativa de elementos. Una vez tenido en cuenta las necesidades de distribución y almacenamiento, la empresa debe elegir el tipo de almacén que se ajusta a dichas necesidades y su distribución.

### **Responsabilidad de la Gestión de almacenes**

Una vez definida una red de Distribución, la empresa debe decidir si debe autogestionar los almacenes o subcontratarlos. Esta decisión depende de múltiples factores y conlleva una serie de ventajas y desventajas que habrá que sopesar, pero sobre todo responderá a criterios financieros.

	GESTION PROPIA	SUBCONTRATACION
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor grado de control</li> <li>• Flexibilidad</li> <li>• Menos costoso a largo plazo</li> <li>• Optimización de los recursos humanos</li> <li>• Beneficios fiscales (tax benefits)</li> <li>• Beneficios intangibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación del capital</li> <li>• Aumento del espacio de almacén para cubrir picos de demanda</li> <li>• Riesgo reducido</li> <li>• Economías de escala</li> <li>• Flexibilidad</li> <li>• Ventajas fiscales (impuestos)</li> <li>• Conocimiento específico de los costes de almacenamiento y manutención</li> <li>• Potencial minimización of labor disputes</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencia de flexibilidad</li> <li>• Financial constraints</li> <li>• Rate of return</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de comunicación</li> <li>• Carencia de servicios especializados</li> <li>• El espacio puede no estar disponible (Shortage of space)</li> </ul>

En la gestión propia entrarían aquellos almacenes cuyas instalaciones son propiedad de la misma empresa o se alquila a agentes externos pero es la propia empresa la que se encarga de gestionarlo.

En el caso en que la demanda fluctúe significativamente o sea difícil de prever sería útil disponer de un almacén propio para un determinado volumen de existencias y recurrir a la subcontratación de espacio durante ciertos periodos de necesidad.

La subcontratación del almacén se debe basar en las necesidades de la empresa, tarea que implica un amplio conocimiento interno de la organización y externo del sector. Con la subcontratación habrá que asegurar una buena calidad tanto del servicio como del precio (un gran porcentaje de las subcontrataciones se ven promovidas por la reducción de costes). Aunque también hay que considerar otros criterios como la cobertura del operador, el control de la red, instalaciones adecuadas a las mercancías propias y tecnologías avanzadas de manipulación y de información, factores que pueden afectar a medio y largo plazo al éxito de la decisión.

### Ubicación de almacenes

La localización de los almacenes debe enfocarse desde dos puntos de vista:

- Visión general del mercado: Se acota geográficamente a un área amplia. Debe responder a criterios de optimización del aprovisionamiento de materiales y de la oferta de productos y servicios de la compañía.
- Visión local del mercado: Se contempla aspectos particulares de las zonas acotadas en la visión. Debe segmentar la visión general e informar de las singularidades de cada subzona.

Los aspectos que componen el punto de vista local tienen gran importancia cualquiera que sea el tamaño de la empresa. La tabla previa de ventajas y desventajas sobre la subcontratación incluye los factores más destacables de la visión local, a los cuales habría que añadir las

infraestructuras de la zona, la oferta de transportistas, mano de obra y otros muchos que cada empresa deberá tener en cuenta según sean sus necesidades.

### **Tamaño de los almacenes**

El tamaño de un almacén dependerá principalmente de los productos a almacenar (tamaño, características propias y cantidades de referencias) y la demanda. Otros aspectos a considerar serían los siguientes:

- Niveles de servicio al cliente.
- Sistemas de manipulación y almacenaje a utilizar.
- Tiempos de producción.
- Economías de escala.
- Layout de existencias.
- Requisitos de pasillos.
- Oficinas necesarias.

El tamaño se puede expresar tanto en metros cuadrados como en metros cúbicos de espacio, si bien es verdad, que la mejor opción es la medición del volumen, sobre todo, conforme van apareciendo sistemas de manipulación y almacenajes que hacen practicables los espacios menos accesibles del almacén, como por ejemplo, la altura.

### **Diseño y Lay-out de los almacenes**

Tras definir el tipo de almacén y su ubicación, se deberá investigar como poder conseguir el flujo de materiales más eficiente y efectivo dentro del almacén.

Los riesgos a tener en cuenta debido a las diferentes actividades del almacén son de seguridad, control de autorización, control de inventario, sanitarios y de manipulación de productos. Estos se pueden gestionar forzando la seguridad e implantando un sistema de gestión de almacenes efectivo que organice el flujo de materiales y productos, así como su almacenamiento.

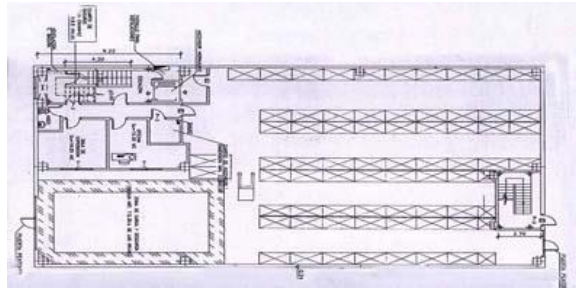
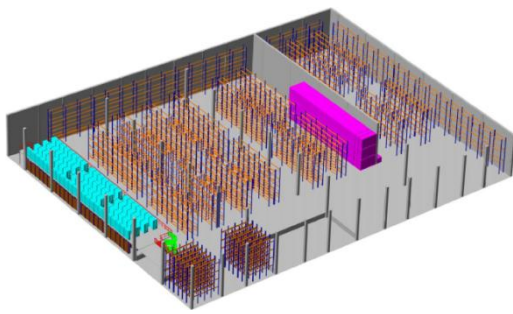
Los objetivos en el diseño de un almacén consisten en facilitar la preparación y precisión de los pedidos, así como la colocación eficiente de las existencias, todo ello basado en alcanzar unos ciclos de pedido más rápidos y con mejor servicio al cliente.

En el diseño de un almacén se distinguirá entre dos fases:

- Diseño de instalación. El continente.
- Diseño de la disposición de los elementos que constituyen el almacén (el lay-out). El contenido.

Y deberá incluir:

- Número de plantas: Preferentemente de una planta.
- Planta del almacén.
- Instalaciones principales: electricidad, columnado, ventilación, sistemas contra incendios, seguridad, medioambiente.
- Materiales.



El lay-out de un almacén debe asegurar el modo más eficiente para manejar los productos que en él se encuentren, considerando la estrategia de entradas y salidas del almacén y el tipo de almacenamiento que es más efectivo según sean las características del producto, el método de transporte interno del almacén, la rotación de los productos, el nivel de inventario, el embalaje y las pautas propias para la preparación de pedidos.

Un diseño adecuado tanto del almacén como de su lay-out garantiza un buen flujo de materiales, minimización de costes, elevados niveles de servicio al cliente y óptimas condiciones para los trabajadores de la planta.

#### **Modelos de organización de los almacenes**

En el caso en que la empresa haya decidido gestionar ella misma el almacén, deberá además determinar su modelo de gestión a aplicar. Existen dos posibilidades:

- Almacén organizado: Cada referencia tiene asignada una ubicación específica en el almacén y cada ubicación tiene asignadas referencias específicas. Este modelo facilita la gestión manual del almacén, pero necesita pre-asignación del espacio.
- Almacén caótico: No existen ubicaciones pre-asignadas y los productos se almacenan según disponibilidad de espacio y/o criterio del almacenista. Esto hace que dificulte el control manual del almacén, pero a su vez optimiza la utilización del espacio disponible en el almacén y acelera el almacenamiento de mercancías recibidas. Requiere sistemas de información electrónicos.

#### **Recepción**

Es el proceso en el cual se planifica la entrada, descarga y verificación de mercancías actualizando los registros de inventario. La empresa debe intentar automatizar lo máximo este proceso de forma que se pueda eliminar o minimizar la burocracia e intervenciones humanas que no añaden valor al producto. Las inspecciones son imprescindibles, pero al no añadir valor como tal al producto, la empresa deberá hacer una buena selección de proveedores para tender a una recepción segura y eliminar pasos de inspección.



El proceso de recepción se debe basar en una previsión de entradas que informe de las recepciones a realizar en un tiempo dado y que contenga, por lo menos, el horario, artículos, y procedencia de cada recepción.

Además se debe diferenciar entre las llegadas de mercancías internas y externas ya que en las primeras, los requerimientos son bastante menores que las externas en el caso de que se realicen controles de procesos a lo largo de la vida del producto. Las mercancías externas requieren condiciones de llegadas más restrictivas y se deben de establecer previamente con el proveedor. Tras la descarga e identificación, las mercancías deberán pasar a su almacenamiento.

### Almacén

Es el subproceso operativo concerniente a la guarda y conservación de los productos con los mínimos riesgos para el producto, personas y compañía y optimizando el espacio físico del almacén.

El almacén se puede dividir en las siguientes zonas:

- **Recepción:** Zona donde se realizan las actividades del proceso de recepción.
- **Almacenamiento, reserva o stock:** Zonas destino de los productos almacenados. De adaptación absoluta a las mercancías albergadas, incluye zonas específicas de stock para mercancías especiales, devoluciones, etc...
- **Preparación de pedidos o picking:** Zona donde son ubicados las mercancías, tras pasar por la zona de almacenamiento, para ser preparadas para expedición.
- **Salida, verificación o consolidación:** desde donde se produce la expedición y la inspección final de las mercancías.
- **Paso, maniobra:** zonas destinadas al paso de personas y máquinas. Diseñadas también para permitir la total maniobrabilidad de las máquinas.



- **Oficinas:** zona destinada a la ubicación de puestos de trabajo auxiliares a las operaciones propias de almacén.

Los sistemas de producción Just in Time, eliminan o minimizan al máximo las zonas de almacenamiento para las mercancías de entrada. En estos sistemas, el almacén actúa como centro de consolidación más que de almacenaje.

Los tipos de almacenamiento de productos son los siguientes:

- **Racking:** permite utilizar de manera eficiente el espacio vertical, almacenando existencias en grandes racks. Sin embargo, la recogida puede requerir mayor trabajo y ser más caro, ya que es necesario utilizar sistemas automáticos de elevación.
- **Por zonas:** despacha la recogida, permanencia y envío agrupando existencias de características comunes juntas en lugares de fácil acceso. La zonificación, sin embargo, puede resultar en una utilización del espacio menos eficiente. Como los requerimientos de espacio para existencias se amplían más allá de la capacidad de un área, puede ser comprimidos en otra, malgastando el espacio.
- **Aleatorio:** agrupa productos de acuerdo al tamaño de los lotes y el espacio disponible sin relacionar las características de los productos. Aunque el espacio del almacén se utiliza eficientemente, el almacenamiento aleatorio no ayuda a la recogida rápida, especialmente cuando se trata de grandes cantidades.
- **De temporada o promocionales:** los productos sujetos a temporalidades son ubicados en áreas de fácil recogida y abastecimiento para minimizar los costes de manipulación.
- **Cuarentena de alto riesgo:** estos productos, tales como las sustancias controladas, las existencias de alto valor o armas de fuego requieren condiciones especiales de almacenamiento, incluyendo el acceso restringido que precisa especial control y supervisión para la recogida y envío, así como un seguimiento especial de la trazabilidad dentro del almacén para prevenirse de los robos.
- **De temperatura controlada:** Si es necesario almacenar productos que requieren áreas de temperatura controlada, es importante tener en cuenta la seguridad de los empleados y protegerlos de los repentinos cambios de temperatura. La manipulación de los productos puede también ser más lenta debido al tiempo limitado que se puede pasar en el entorno de temperatura controlada.

### **Movimiento**

Subproceso del almacén de carácter operativo relativo al traslado de los materiales/productos de una zona a otra de un mismo almacén o entre la zona de recepción y la ubicación de almacenamiento.

Las herramientas para mover las diferentes mercancías son de una amplia variedad y dependen de factores tales como el volumen del almacén y mercancías, vida de las mercancías, coste del equipo frente a la finalidad, cantidad de manipulación especiales y expediciones requeridas y la distancia de los movimientos. Por lo general, es recomendable utilizar una mezcla mayor o menor de los diferentes tipos en función de la variedad de productos y técnicas de almacenaje utilizadas. La decisión individual de cada equipo deberá venir precedida de un análisis de costes basado en el nivel de actividad actual, la tecnología y los costes de espacio en relación con la estrategia de la compañía.



Desde el punto de vista de las características de las mercancías, los flujos de entrada y salida del almacén de las mercancías son variados:

- **Last In - First Out (LIFO):** La última mercancía que entra en almacén, es la primera que sale para expedición. Esta modalidad es frecuentemente utilizada en productos no perecederos.
- **First In - First Out (FIFO):** La primera mercancía que entra en almacén, es la primera que es sacada de almacén. Es la modalidad más utilizada para evitar las obsolescencias.
- **First Expired – FirstOut (FEFO):** El de fecha más próxima de caducidad es el primero en salir.

### *Información*

Su ámbito se extiende a todos los procesos anteriormente descritos (planificación y organización, recepción, almacén y movimiento) y se desarrolla de manera paralela a ellos por tres vías:

- Información para gestión.
- Identificación de ubicaciones.
- Identificación y trazabilidad de mercancías.

#### **Información para la gestión**

Estarán incluidos los siguientes documentos:

- Configuración del almacén: Instalaciones, lay-out...
- Datos relativos a los medios disponibles.
- Datos técnicos de las mercancías almacenadas.
- Informes de actividad para la dirección.
- Evolución de indicadores.
- Procedimientos e instrucciones de trabajo.
- Perfiles y requisitos de los puestos.
- Registros de la actividad diaria.

Destacan por la importancia que supone establecer una periodicidad en la supervisión y ceñirse a modelos y formatos que aporten la información para la gestión del almacén.

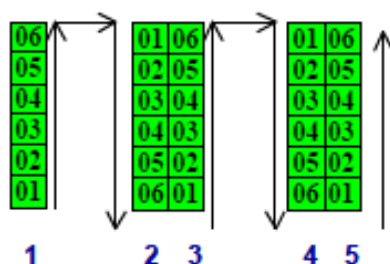
#### **Identificación de ubicaciones**

Todas las zonas del almacén deben estar perfectamente identificables y conocidas por el personal habilitado a entrar en el almacén. Para ello se suele utilizar la delimitación de zonas por colores o la presencia de carteles con la denominación de las zonas, colgados o posados en el suelo.

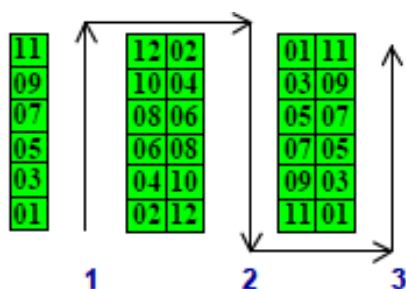
Toda ubicación en el almacén debe poseer su codificación única que la diferencie del resto. El método de codificación es decisión propia de la empresa en función del número de almacenes, zonas en cada uno de ellos y las ubicaciones en cada zona. De esta forma, las ubicaciones pueden codificarse por:

- **Estanterías:** Cada estantería tiene asociada una codificación correlativa, del mismo modo que en cada una de ellas, sus bloques también están identificados con numeración

correlativa, así como las alturas de la estantería, empezando del nivel inferior y asignando números correlativos conforme se asciende de altura.



- **Por pasillo:** Se codifican con números consecutivos. En este caso, cada dos estanterías se van codificando sus bloques, ya que la relación es de un pasillo por cada dos estanterías. La profundidad de las estanterías se codifica con numeraciones de abajo-arriba, asignando números pares a la derecha e impares a la izquierda, y empezando por el extremo opuesto en el siguiente pasillo.



### Identificación y trazabilidad de mercancías

La totalidad de las mercancías almacenadas deben ser codificadas asignando identificaciones únicas por artículo. Esta codificación debe estar relacionada con la utilizada para identificar las ubicaciones y con el resto de procesos de la empresa.

De esta forma se consigue poder seguir los pasos de una mercancía determinada, tanto en el sentido de la cadena de valor, como a la inversa, en el caso de que el origen de búsqueda proceda del cliente, es decir, su trazabilidad. Hoy en día, la identificación automática permite una codificación de mercancías y ubicaciones rápida y cómodamente realizable. Las dos principales vías que se suelen utilizar son la codificación de barras y el uso de etiquetas electrónicas.

El caso de gestión del almacén por código de barras permite un control exhaustivo de los productos. El código de barras es un sistema de codificación internacional de los productos que ofrece grandes posibilidades para maximizar la eficiencia en la gestión de las bases de datos que relacionan los flujos físicos y de información de las empresas en sus operaciones cotidianas de intercambio. Las ventajas de la codificación de barras son:

- Utilización de una codificación común entre los interlocutores.
- Captura de datos rápida y eficaz.
- Gestión inmediata de la información.
- Reducción de stocks.
- Aumento del nivel de servicio a los clientes.
- Posibilidad de automatizar el almacén y mejorar el control sobre el almacenaje y la distribución.
- Reducción de errores en el reconocimiento del producto.
- Gestión artículo por artículo.
- Mejora en la gestión de aprovisionamiento.
- Información directa de la evolución diaria.

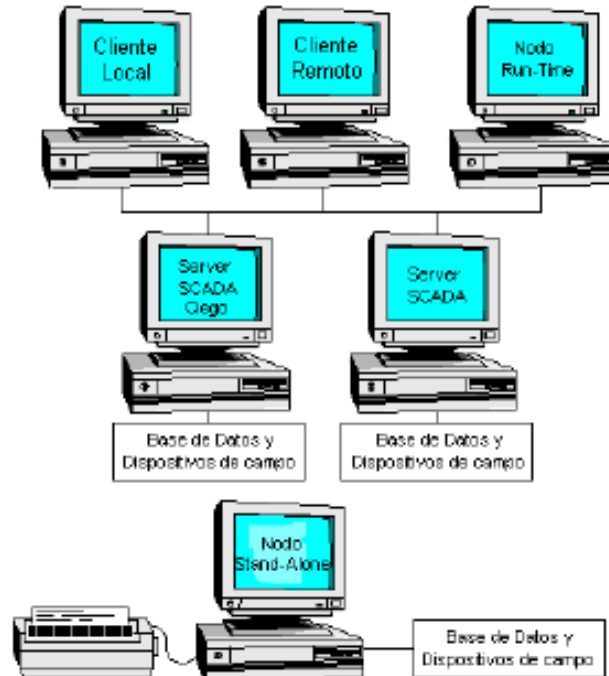
Por otro lado, las etiquetas electrónicas son un recurso más sofisticado. Están basadas en circuitería con microprocesadores, memorias, emisores y receptores de radio, lo que les permite manejar volúmenes de información de miles de bytes. Su penetración es sensiblemente inferior al de los códigos de barras.



### 3. Sistemas de supervisión

#### SCADA

La palabra SCADA proviene de las siglas de “**S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**dquisition” (Adquisición de datos y supervisión de control).



Un SCADA es una aplicación software de control de producción que se comunica con los dispositivos de campo y que permite supervisar y controlar a distancia el proceso de instalación de cualquier tipo de forma automática desde la pantalla del ordenador.

Proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisión, mantenimiento, etc. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control de forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador. En la siguiente tabla se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los sistemas de Control Distribuido (DCS) (Estas características no son limitantes para uno u otro tipo de sistemas, son típicas).

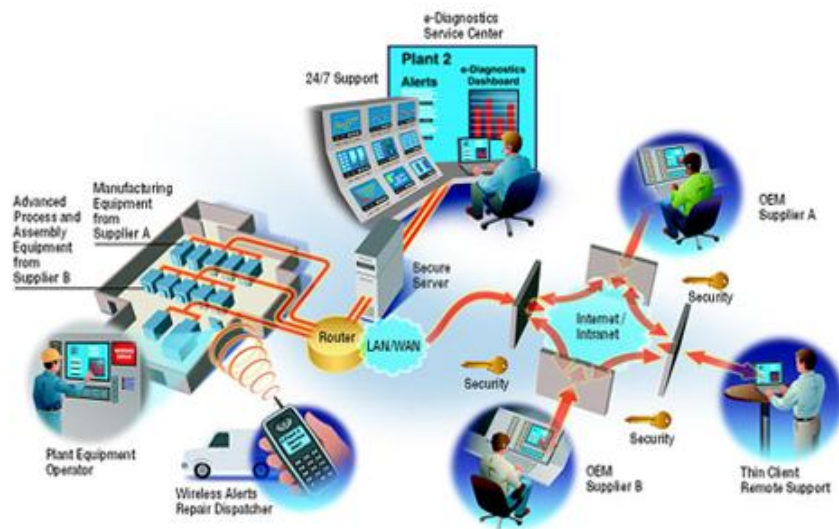
	SCADAs	DCS
TIPO DE ARQUITECTURA	Centralizada	Distribuida
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	Supervisorio: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	Regulatorio: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc...
TIPOS DE VARIABLES	Desacopladas	Acopladas
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	Centralizada	Distribuida

Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos han ido surgiendo una serie de productos hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para éste tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia: se realiza una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión.

El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc...) para controlar el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser

modificada con facilidad. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios.

Los sistemas SCADA se suelen utilizar en el control de oleoductos, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas natural, subterráneos, generación energética, etc.



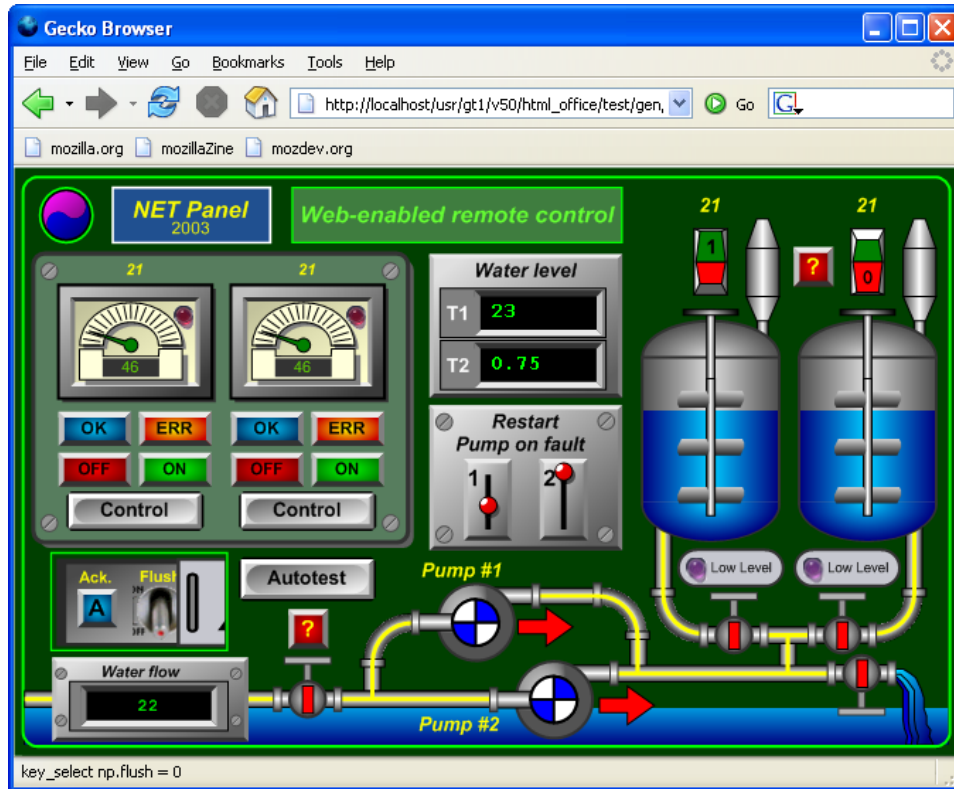
No todos los sistemas SCADA están limitados a procesos industriales, sino que también se ha extendido su uso a instalaciones experimentales como la fusión nuclear o los colisionadores del CERN donde la alta capacidad de gestionar un número elevado de E/S, la adquisición y supervisión de esos datos, convierte a estos en sistemas ideales en procesos que pueden tener un número de canales en torno a los 100k o incluso cerca de 1M.

### Características de un sistema SCADA

Los sistemas SCADA, en su función de sistemas de control, dan una nueva característica de automatización que realmente pocos sistemas ofrecen: la de **supervisión**.

Sistemas de control hay muchos y muy variados y todos, bien aplicados, ofrecen soluciones óptimas en entornos industriales. Lo que hace de los sistemas SCADA una herramienta diferencial es la característica de control supervisado. De hecho, la parte de control viene definida y supeditada por el proceso a controlar, y en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLCs, controladores lógicos, armarios de control...) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta, los cuales pueden existir previamente a la implantación del sistema SCADA, el cual se instalará sobre y en función de estos sistemas de control (Otros sistemas SCADA pueden requerir o aprovechar el hecho que implantamos un nuevo sistema de automatización en la planta para cambiar u optimizar los sistemas de control previos).

En consecuencia, se supervisa el control de la planta y no solamente se monitorizan las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; es decir, se puede actuar y variar las variables de control en tiempo real, algo que pocos sistemas permiten con la facilidad intuitiva que dan los sistemas SCADA.



Se puede definir la palabra **supervisar** como ejercer la inspección superior en determinados casos, ver con atención o cuidado y someter un objeto a un nuevo examen para corregirlo o repararlo permitiendo una acción sobre el objeto supervisado. La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de esta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. Por lo tanto tenemos una toma de decisiones sobre las acciones de control por parte del supervisor, que en el caso de los sistemas SCADA recaen sobre el operario.

Esto diferencia notablemente los sistemas SCADA de los sistemas clásicos de automatización donde las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta y dificulta mucho una variación en el proceso de control, ya que estos sistemas una vez implementados no permiten un control a tiempo real óptimo. La función de monitorización de estos sistemas se realiza sobre un PC industrial ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador lo que se denomina HMI -Human Machine Interface- (Se explicará más adelante en otro apartado), como en los sistemas SCADA, pero sólo ofrecen una función complementaria de **monitorización**: Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías (Definición Real Academia de la Lengua).



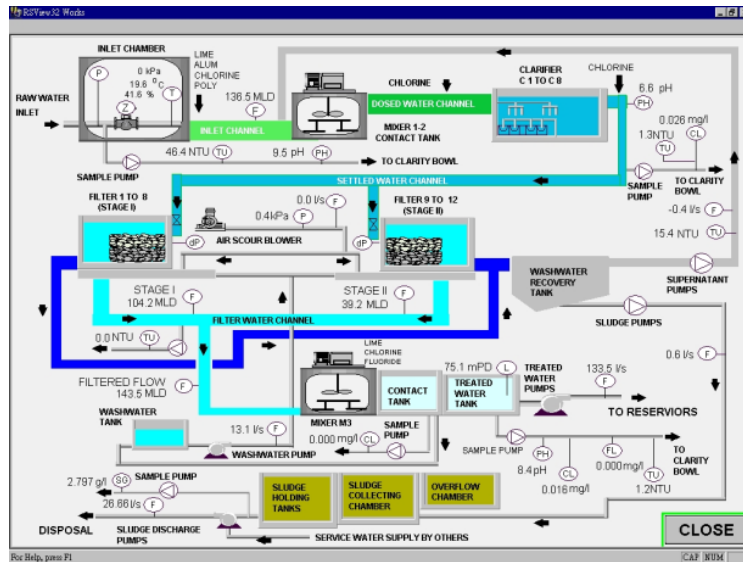
Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos, ofrecen una gestión de alarmas en formato rudimentarias mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y realizar un reset. En los sistemas SCADA, se utiliza un HMI interactivo el cual permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto otorga una gran flexibilidad a los sistemas SCADA. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un sistema SCADA no solamente señala los problemas, sino lo más importante, orienta en los procedimientos para solucionarlos.

A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen cierta confusión en los profanos (frecuentemente alentada por los mismos fabricantes en su afán de diferenciar el producto o exaltar comercialmente el mismo). Cierto es que todos los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI.

## Prestaciones

Las prestaciones que puede ofrecernos un sistema SCADA eran impensables hace una década y son las siguientes:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del ordenador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Creación de informes, avisos y documentación en general.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómatas (bajo unas ciertas condiciones).
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómatas, menos especializado, etc.
- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados.
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el ratón o teclado.
- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- Controlar de forma limitada ciertas variables del proceso.



Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco o impresora, control de actuadores, etc.

## Requisitos

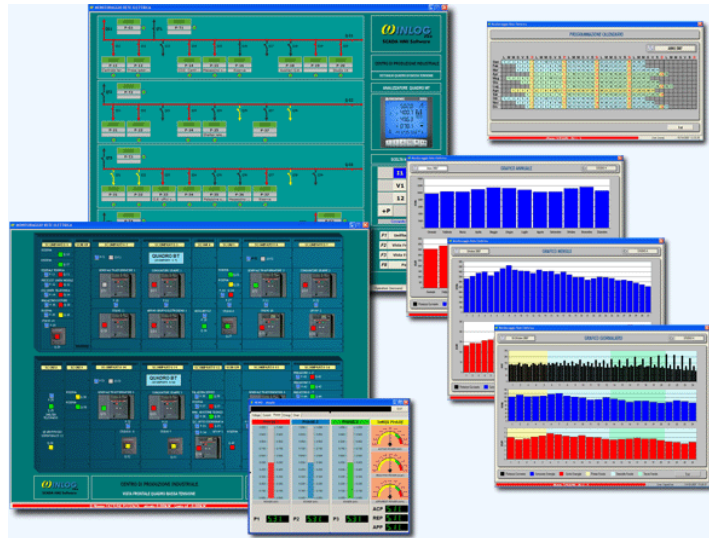
Estos son algunos de los requisitos que debe cumplir un sistema SCADA para sacarle el máximo provecho:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente para el usuario con el equipo de planta ("drivers") y con el resto de la empresa (acceso a redes locales y de gestión).
- Los programas deberán ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias, y fáciles de utilizar, con interfaces amables con el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles, etc...).

## Funciones del SCADA

Las funciones básicas que debe cumplir el SCADA son:

- **Adquisición de datos**, para coleccionar, almacenar y procesar la información recibida.
- **Supervisión**, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- **Control**, para modificar la evolución del proceso, actuando sobre los controladores digitales que realizan el control directo (PLCs y CNCs) o bien directamente sobre el proceso mediante salidas de acción directa. Se realiza un control de la producción en el que el PC utilizado actúa como maestro de una red de PLCs y controladores digitales, y un control directo de la planta mediante tarjetas y módulos E/S o interfaces E/S remotas.



A su vez, los SCADAs cuentan con funciones avanzadas que derivan de la potencia de cálculo del PC y corresponde a tareas del nivel de supervisión:

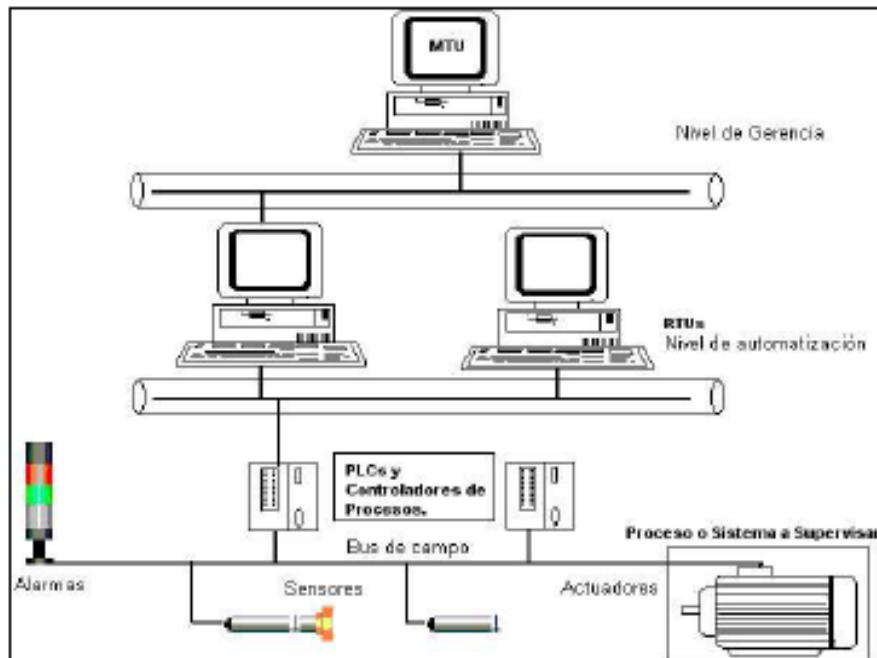
- **Pasarela:** Integración vertical de la información. Transmisión entre dispositivos de campo y niveles de gestión.
- **Base de datos:** Gestión de una base de datos con señales de proceso.
- **Representación gráfica de datos:** Se representan las tendencias de las señales, permitiendo acciones predictivas. Generación de históricos de señal de planta.
- **Explotación e interpretación de datos:** Módulos para gestión de calidad control estadístico, gestión administrativa y financiera (herramientas externas al SCADA + Base de datos flexible).
- **Gestión de alarmas:** Paneles de alarma de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias y de los eventos asociados a la alarma para su posterior análisis.
- **Rutinas de control:** Programación en lenguajes superiores de operaciones de control no críticas en tiempo, modificación de consignas y programas de PLCs y/o cálculo numérico de elevada resolución.

### Como facilitan las tareas de diseño los paquetes orientados HMI/SCADA

- Incorporan protocolos para comunicarse con los dispositivos de campo más conocidos :Drivers, OPC
- Tienen herramientas para crear bases de datos dinámicas.
- Permiten crear y animar pantallas de forma sencilla.
- Incluyen gran cantidad de librerías de objetos para representar dispositivos de uso en la industria como: motores, tanques, indicadores, interruptores, etc...

## Componentes de Hardware

Un sistema SCADA, como aplicación de software industrial específica, necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema, para poder tratar y gestionar la información captada.



Los componentes hardware con los que cuenta son:

- **Ordenador Central** o MTU (Master Terminal Unit): Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, bien sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser un PC, el cual soporta el HMI.

De esto se deriva que el sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU que supervisa toda la estación.

Las funciones principales de la MTU son:

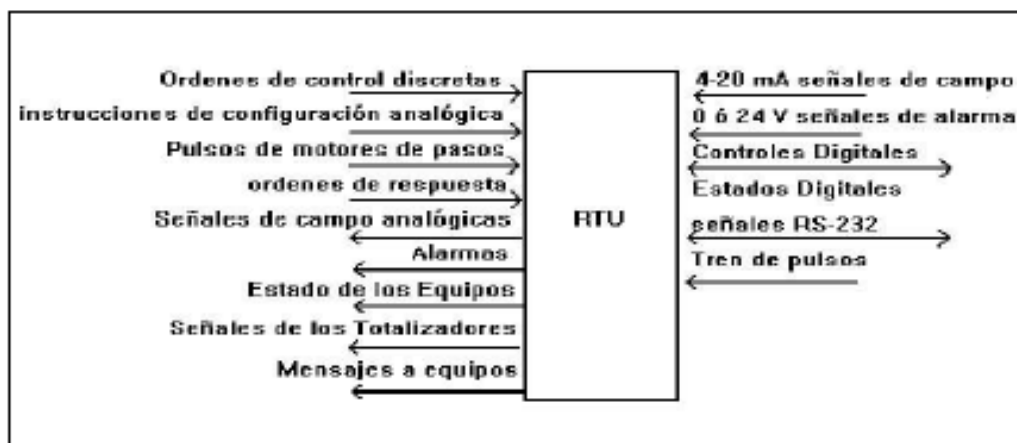
- Interroga periódicamente a la RTU's (Remotes Terminal Units) y les transmite las consignas, siguiendo un esquema maestro-esclavo.
- Hace de interfaz al operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas, y la recolección y presentación de información histórica.
- Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA. Por ejemplo, software para detección de pérdidas en un oleoducto.

- **Ordenadores Remotos** o RTU's (Remotes Terminal Units): Recolectan la información de los sensores, comanda los elementos finales de control y se comunica con la estación maestra. Pueden ser PLC's y ejecutar programas de control directo.

Estos ordenadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando las subestaciones del sistema, reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA.

Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización, a un nivel superior está el MTU y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos.

Estos ordenadores no tienen porqué ser PCs, ya que la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel, por lo tanto suelen ser ordenadores industriales tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos pueden haber subestaciones intermedias en formato HMI.



Una tendencia actual es la de dotar a los PLCs (en función de las E/S a gestionar) con la capacidad de funcionar como RTUs gracias a un nivel de integración mayor y CPUs con mayor potencia de cálculo. Esta solución minimiza costes en sistemas donde las subestaciones no sean muy complejas sustituyendo el ordenador industrial mucho más costoso. Un ejemplo de esto son los nuevos PLCs (adaptables a su sistema SCADA **Experion PKS (Power Knowledge System)**) de **Honeywell** o los de **Motorola MOSCAD**, de implementación mucho más genérica.

- **Red de comunicación:** Buses de campo y redes locales (LAN). Éste es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todos los software (así como los instrumentos de campo como PLCs) pueden trabajar con todos los tipos de BUS.

Hoy en día, gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, podemos implementar un sistema SCADA sobre prácticamente cualquier tipo de BUS. Podemos encontrar SCADAs sobre formatos estándares como los RS-232, RS-422 y RS-485 a partir de los cuales, y mediante un protocolo TCP/IP, podemos conectar el sistema sobre un bus en configuración DMS ya existente; pasando por todo tipo de buses de campo industriales, hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Bus de Radio), Micro-Ondas, Satélite, Cable...

A parte del tipo de BUS, existen interfaces de comunicación especiales para la comunicación en un sistema SCADA como puede ser módems para estos sistemas que soportan los protocolos de comunicación SCADA y facilitan la implementación de la aplicación.

Otra característica de las comunicaciones de un sistema SCADA es que la mayoría se implementan sobre sistemas WAN de comunicaciones, es decir, los distintos terminales RTU pueden estar deslocalizados geográficamente.

### **Elección de un SCADA**

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorizar es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad de la producción, de los niveles de seguridad, etc.
- La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

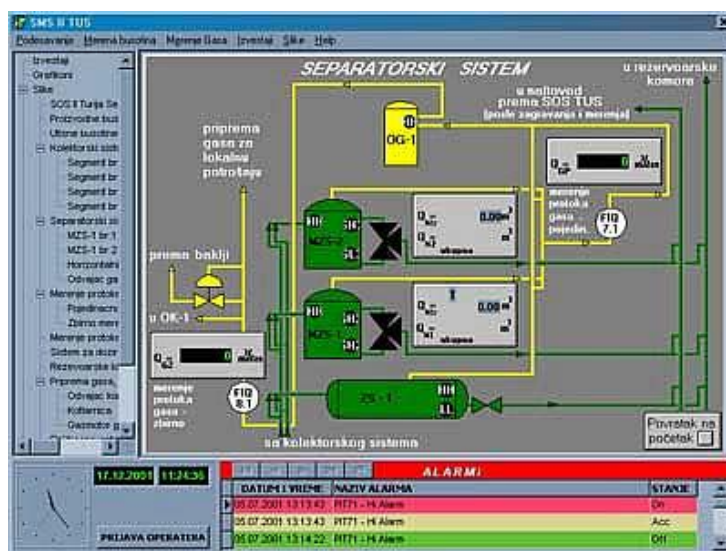
### **Flujo de la información**

El flujo de la información en los sistemas SCADA es como se describe a continuación:

El **fenómeno físico** lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: Presión, temperatura, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, ph, densidad, etc... Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los **sensores o transductores**.

Los **sensores o transductores** convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por el computador digital. Para ello se utilizan **acondicionadores de señal** cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje. Además, provee aislación eléctrica y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de ruidos originados en el campo.

Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital equivalente en el bloque de **conversión de datos**. Generalmente, esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital. El computador almacena esta información, la cual es utilizada para su **análisis** y para la **toma de decisiones**. Simultáneamente, se muestra la **información** al usuario del sistema, en tiempo real. Basado en la información, el operador puede tomar la decisión de realizar una acción de control sobre el proceso. El operador comanda al computador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica. Esta señal eléctrica es procesada por una **salida de control**, la cual funciona como un acondicionador de señal y la escala para manejar un dispositivo dado: bobina de un relé, setpoint de un controlador, etc.



## Estructura y componentes

Estos sistemas deben contar con una arquitectura abierta, capaces de interactuar con otros fabricantes (drivers), así como desarrollar una comunicación de forma transparente al usuario, con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión). Deben ser escalables y configurables.

Para ello, normalmente se suele utilizar paquetes ya desarrollados para la función de SCADA que contiene diferentes módulos:

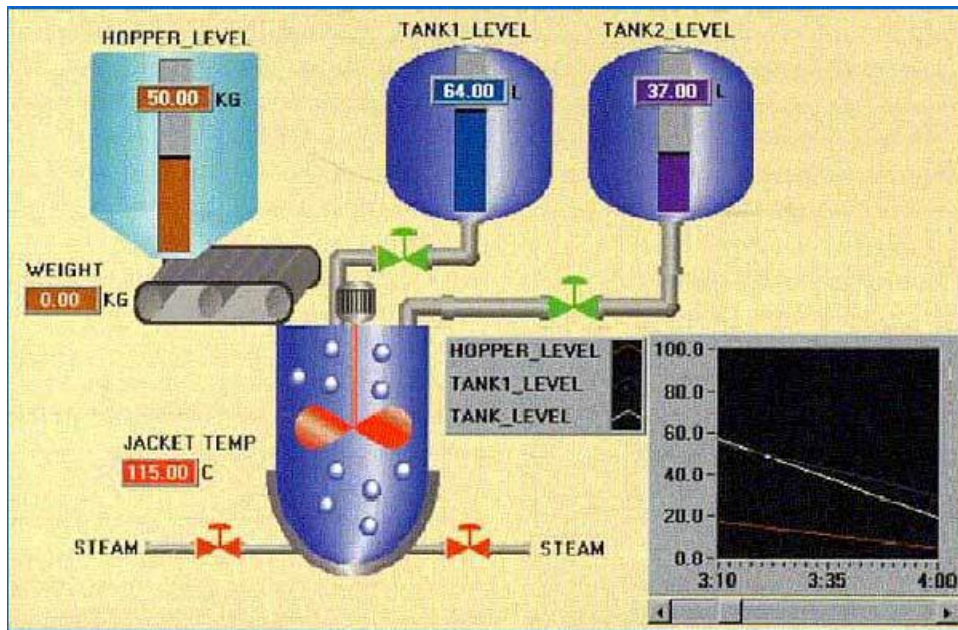
- **Configuración:** permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar según la disposición de pantallas requerida y los niveles de acceso para los distintos usuarios.
  - Definición de pantallas gráficas y de texto, sus relaciones y accesibilidad, importándolas desde otra aplicación o generándolas desde el propio SCADA. Para ello, se incorpora un editor gráfico que permite dibujar a nivel de pixel o utilizar elementos estándar disponibles, líneas, círculos, textos o figuras, con funciones de edición típicas como copiar, mover, borrar, etc...
  - Selección de drivers que permitirán el enlace con los elementos de campo y la conexión o no en red de estos últimos, y selección de puertos de comunicación sobre el ordenador y los parámetros de la misma, etc.
  - Indicar las variables a visualizar, procesar y/o controlar, en forma de lista o tabla donde pueden definirse a ellas y facilitar la programación posterior.
- **Interfaz gráfico del operador:** proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta:
  - Representación del proceso mediante un gráfico sinóptico almacenado en el ordenador de proceso y generado desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación de uso general durante la configuración del paquete.

Los sinópticos están formados por un fondo fijo y varias zonas activas que cambian dinámicamente a diferentes formas y colores según los valores leídos.

Para el diseño de las pantallas se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Deben tener apariencia consistente con zonas distinguidas (planta, botoneras y entradas de mando y las salidas de mensajes).
  - Los sinópticos se desarrollaran de izquierda a derecha.
  - La información presentada aparecerá sobre el elemento gráfico que la genera.
  - La clasificación por colores ayuda a la comprensión rápida de la información (rojo-alarma, verde-normalidad).
  - Además del color se debe añadir alguna forma de redundancia, como en los mensajes de alarma.
- Botoneras de control.
  - Salidas de mensajes del sistema, variables indicadas, etc...





- **Módulo de proceso:** Ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.

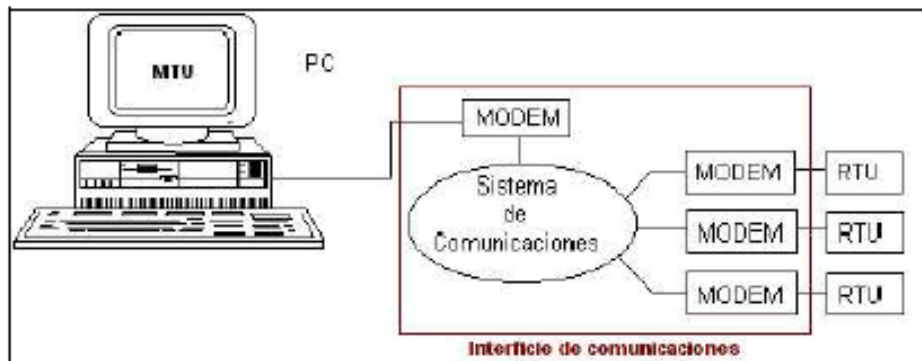
La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc...) o macroinstrucciones provistas por el fabricante. Con ello se programará las relaciones entre variables del PC o del autómatas. Estas relaciones que constituyen el programa de mando que el SCADA ejecuta automáticamente pueden ser de varios tipos:

- Acciones de mando automáticas preprogramadas.
  - Maniobras o secuencias de acciones de mando.
  - Animación de figuras e imágenes dependiendo de diferentes valores.
  - Gestión de recetas.
  - Procesos de arranque y parada.
  - Gestión de alarmas.
- **Gestión y archivo de datos:** Se encarga del almacenar y procesar ordenadamente los datos, de forma que otras aplicaciones o dispositivos (impresoras, registradores, etc...) puedan tener acceso a ellos.
- En la planta, podemos hacer una captura de datos cada ciertos periodos de tiempo, para así almacenarlos como un registro histórico o para ser utilizados para representaciones estadísticas, análisis de calidad o mantenimiento. Esto último se hará mediante un intercambio de datos
- **Comunicaciones:** Se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

## Interfaces de comunicación

Permite acceder al PC MTU a los diferentes RTU a través del bus de campo. Consta de distintos elementos:

- El Bus de campo será el que transportará la información y órdenes de control. Estará definido por el tamaño del SCADA, distancia entre RTUs y de la disponibilidad del servicio público de comunicación.
- Los Modems que conectan los RTUs y MTU al BUS.



- Drivers de conexión (programa que se encarga del protocolo de comunicación ya sea éste abierto o propio del fabricante) con los otros elementos digitales.

Los drivers propios del SCADA deben ser capaces de comunicarse con otros paquetes SW a través de DDE (Dynamic Data Exchange) o DDL (Dynamic Link Libraries) como canal de comunicación permitiendo que diversos paquetes SW envíen y reciban datos comunes.

## Tecnologías de integración

### **COM/DCOM:**

COM permite que una aplicación utilice funcionalidades de otra aplicación residente en el mismo PC, incorporando a la aplicación principal objetos software propios de la otra aplicación. DCOM supone extender el estándar COM a sistemas formados por redes.

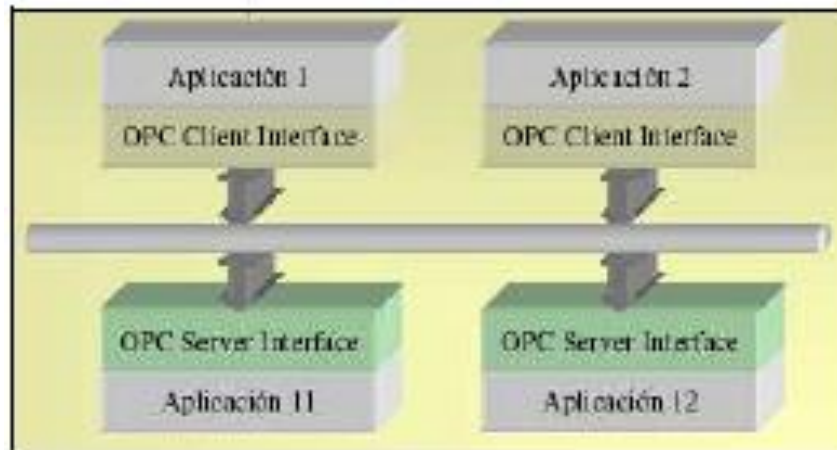
### **Visual Basic for Applications (VBA):**

Es el lenguaje de programación que se está incorporando en las aplicaciones de Microsoft Office. Está muy extendido y aceptado entre los diversos fabricantes del mercado, permitiendo un buen estándar con muy buena relación entre potencia y dificultad para el aprendizaje del lenguaje y uso del mismo. Permite una interacción directa entre las diferentes aplicaciones de Office, BackOffice y otros productos.

### **Interfaz OPC (OLE for Process Control):**

Es el estándar para la comunicación de sistemas y dispositivos, incluyendo las comunicaciones entre software SCADA y buses de comunicación de autómatas, así como las comunicaciones entre una aplicación SCADA y otras aplicaciones como las de gestión, datos históricos, datos batch, etc.

Pueden ser usados con Visual Basic o alguna de sus variantes lo que hace que el OPC corresponda a un conjunto de especificaciones basadas en estándares de Microsoft, que cubren los requerimientos de comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos.

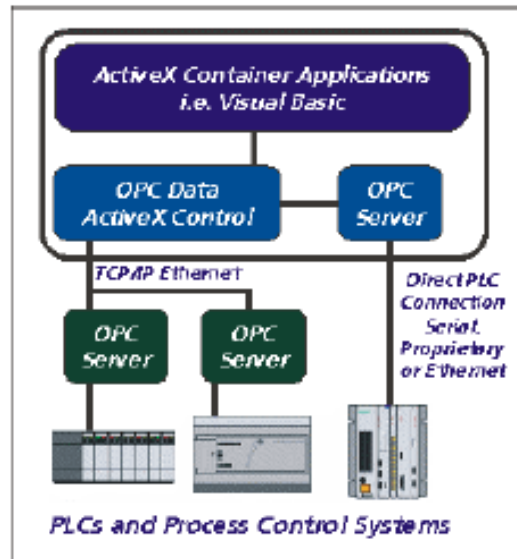


Las especificaciones OPC se regularizan a partir de la OPC Foundation, que corresponde a un conjunto de especificaciones técnicas no-propietario que define un conjunto de interfaces estándar basadas en la tecnología OLE/COM de Microsoft. Con la tecnología COM definimos a los objetos de forma estándar, así como a los métodos y propiedades para los servidores de información en tiempo real. Con la tecnología OLE Automation se permite comunicar las aplicaciones de datos recibidos ya sea por LAN, estaciones remotas o Internet.

Antes de que existieran los OPC cada software necesitaba un interfaz determinado para intercambiar datos con un tipo determinado de dispositivos, mientras que si dos aplicaciones se querían comunicar entre sí se utilizaba el estándar DDE o interfaces específicos dependiendo de la pareja de aplicaciones. Con el OPC podemos prescindir de todo esto y utilizar una misma operativa para comunicar aplicaciones, dispositivos y drivers. Esto da lugar a que los proveedores tengan la posibilidad de suministrar productos con elevada conectividad y compatibilidad, y los usuarios pueden disponer de un amplio abanico de opciones para escoger la mejor solución que se adapte a lo que necesitan.

#### **ActiveX:**

Incorporar un Control ActiveX en una pantalla conlleva incluir un objeto con código asociado el cual realiza una función integrada totalmente en la aplicación a tratar. Lo único que hay que hacer es establecer los enlaces entre las variables necesarias de la aplicación y las del Control ActiveX.

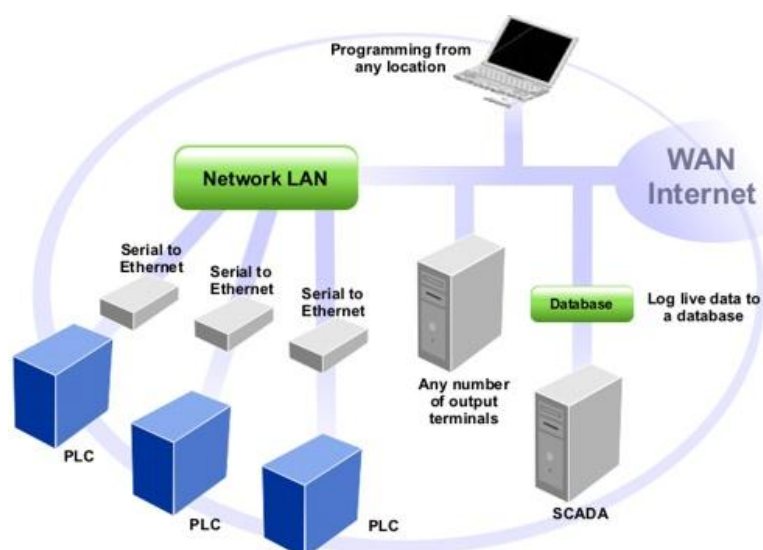


Al adquirir un objeto ActiveX en realidad lo que se está comprando es la licencia para utilizar este objeto en la aplicación. Consiste en un pequeño software, escrito según las especificaciones COM y que tiene propiedades, métodos y eventos. Puede ser el servidor o driver de un PLC como SIMATIC. Este driver tiene propiedades para definir los datos que debe leer el PLC, métodos para iniciar esta lectura y eventos para comprobar que el PLC ha recibido los datos.

Ya que el objeto ActiveX está basado en COM podrá ser usado en cualquier aplicación que soporte COM, como por ejemplo, Visual Basic, Internet Explorer...

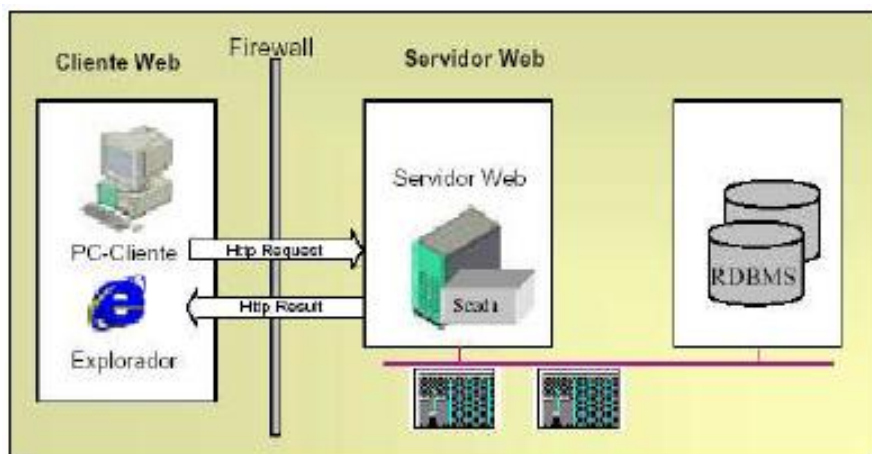
#### **Conectividad remota WebServer:**

Se utiliza el entorno Intranet el cual es considerado el normal para muchos proveedores al incluir funcionalidades de cliente y de servidor Web.



Utilizar Internet para el entorno del SCADA nos aporta ventajas tales como una total funcionalidad, ofreciendo su operativa a través de cualquier navegador estándar. También nos permite que cualquier persona autorizada pueda hacer un seguimiento en tiempo real de la planta esté donde esté con el coste más bajo.

Por ejemplo, mediante la herramienta *VBScript* de Visual Basic usada en el web browser de Microsoft Internet Explorer, se permite que en una aplicación INTRANET dentro de una planta, se pueda construir páginas Web usando controles ActiveX para visualizar datos de planta. Esta aplicación SCADA usa un PLC con servidor ActiveX (OPC) para adquisición de datos, gráficos dinámicos y tendencias (curvas de comportamiento de valores de procesos) basadas en ActiveX. Los usuarios ven la información en una interface amigable y usan un software modular que integra sus diversos componentes gracias a un lenguaje estándar que tiene la posibilidad de reutilizar los scripts.



## Implantación de un sistema SCADA funcional

Al implementar un sistema SCADA una empresa debe tener 6 fases básicas sobre su instalación para llevar a cabo el proceso:

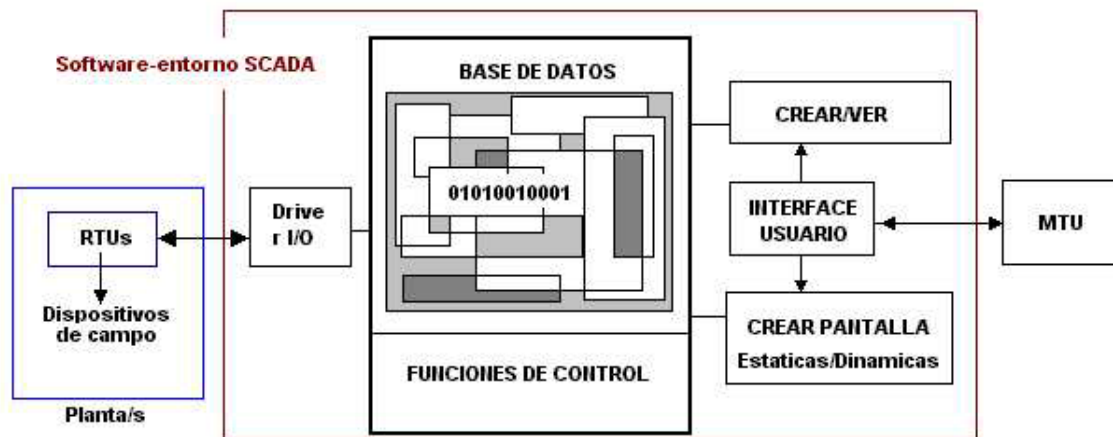
- **Fase 1:** El diseño de la arquitectura del sistema. Esto incluye todas las consideraciones importantes sobre el sistema de comunicaciones de la empresa (Tipo de BUS de campo, distancias, número de E/S, Protocolo del sistema y Drivers...). También se verán involucrados los tipos de dispositivos que no están presentes en la planta pero que serán necesarios para supervisar los parámetros deseados.
- **Fase 2:** Equipación de la empresa con los RTUs necesarios, comunicaciones, equipos HMI y Hardware en general. Adquisición de un paquete software SCADA adecuado a la arquitectura y sistemas de la planta.
- **Fase 3:** La instalación del equipo de comunicación y el sistema PC.
- **Fase 4:** Programación, tanto del equipamiento de comunicaciones como de los equipos HMI y software SCADA.

- **Fase 5:** Testeo del sistema o puesta a punto, durante el cual los problemas de programación en comunicaciones como en el software SCADA son solucionados.

## Productos comerciales

Para obtener las características y prestaciones propias de un sistema SCADA, su software debe presentar las siguientes funciones:

- Manejo del soporte o canal de comunicación.
- Manejo de uno o varios protocolos de comunicación (Drive).
- Manejo y actualización de una Base de Datos.
- Administración de alarmas (Eventos).
- Generación de archivos históricos.
- Interfaces con el operador (MMI – Man Machine Interface).
- Capacidad de programación (Visual Basic, C).
- Transferencia dinámica de datos (DDE).
- Conexión a redes.
- Debe tener capacidad para comunicarse con múltiples redes de instrumentos, aun siendo de distinta procedencia y fabricantes.

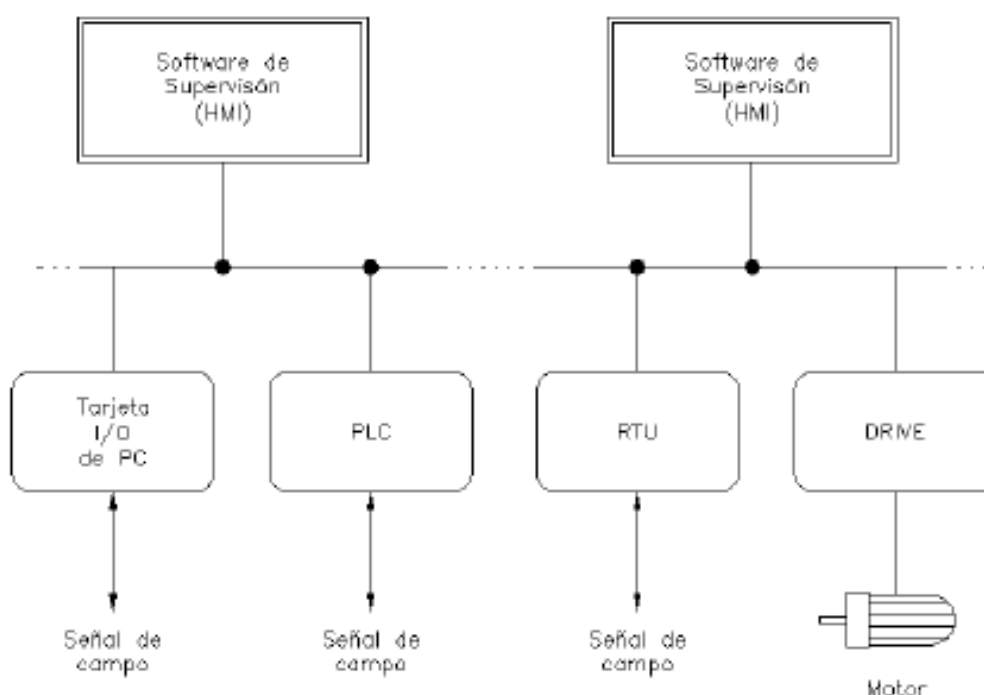


Algunos ejemplos de software SCADA son:

- **Aimax**, de Desin Instruments S.A.
- **Cube**, Orsi España S.A.
- **Fix**, de Intellution.
- **Lookout**, National Instruments.
- **Monitor Pro**, de Schneider Electric.
- SCADA InTouch, de LOGITEK.
- SYSMAC SCS, de Omron.
- Scatt Graph 5000, de ABB.
- **WinCC**, de Siemens.

# HMI

**HMI** significa “**Human Machine Interface**”, es decir, es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Los sistemas HMI se pueden pensar como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un computador. Los sistemas HMI en computadores se les conoce como software HMI (en adelante HMI) o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el computador, PLC’s (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE’s (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.



Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como se mostrará a continuación.

Descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMIs:

- **Terminal de Operador**, consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen).



- **PC + Software**, esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos) y los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador.

## Funciones de un Software HMI

El software permite entre otras funciones las siguientes: Interfaz gráfica de modo que se pueda ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos y manejo de alarmas.



Si bien es cierto que sólo la primera función enunciada es el propio HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas. Al igual que en los terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en el PC un software de ejecución (Run Time). Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación. Las funciones más destacables serían:

- **Monitorización.** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- **Supervisión.** Esta función permite, junto con la monitorización, la posibilidad de ajustar las condiciones de un trabajo del proceso directamente desde el computador.
- **Alarmas.** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.



- Históricos. Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.



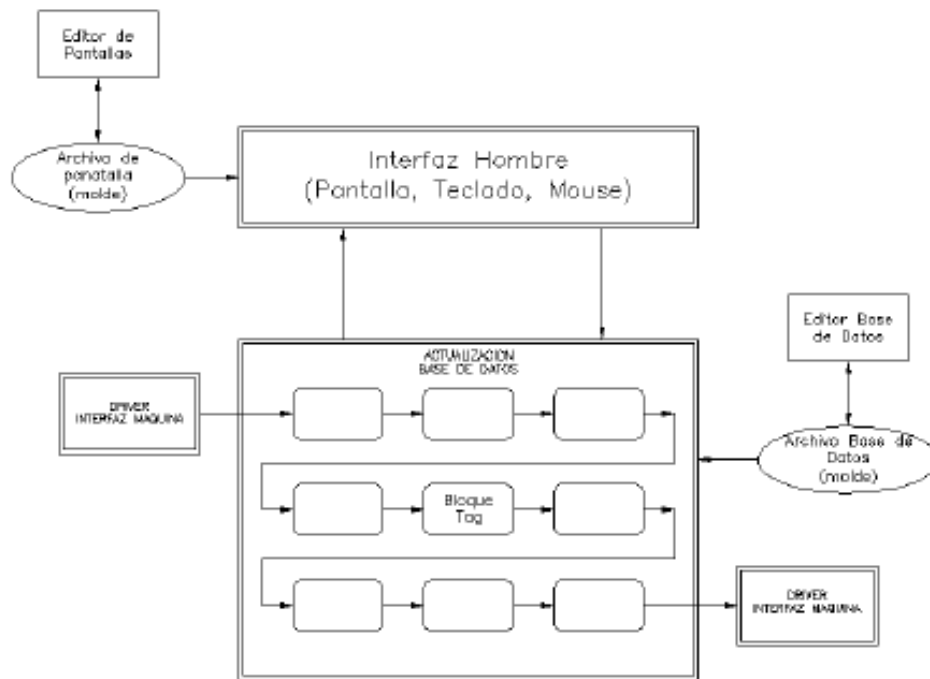
Como se ha explicado anteriormente, el HMI como tal, no tiene la función de “control” a diferencia del SCADA que si que la tiene.

### **Tipos de Software utilizados**

- Lenguajes de programación visual como Visual C++ o Visual Basic. Se utilizan para desarrollar software HMI a medida del usuario. Una vez generado el software, el usuario no tiene posibilidad de re-programado.
- Paquetes de desarrollo que están orientados a tareas HMI. Pueden ser utilizados para desarrollar un HMI a medida del usuario y/o para ejecutar un HMI desarrollado para el usuario. El usuario podrá re-programarlo si tiene la llave (software) como para hacerlo. Ejemplos son FIX Dynamis, Wonderware, OCIM, Factory Link, WinCC.

### **Estructura general del software HMI**

Los software HMI están compuestos por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema. En la figura siguiente se muestra como funcionan algunos de los programas y archivos más importantes. Los rectángulos de la figura representan programas y las elipses representan archivos. Los programas que están con recuadro simple representan programas de diseño o configuración del sistema; los que tienen doble recuadro representan programas que son el motor del HMI.



Con los programas de diseño, como el “editor de pantallas” se crean moldes de pantallas para visualización de datos del proceso. Estos moldes son guardados en “Archivos de pantalla” y almacenan la forma de cómo serán visualizados los datos en las pantallas.

- **Interfaz Hombre-Máquina:** es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse. Este programa realiza la interfaz entre la base de datos y el hombre. El diseño de esta interfaz está establecido en el archivo molde “Archivo de pantalla” que debe estar previamente creado.
- **Base de datos:** Es un lugar de memoria de la computadora donde se almacenan los datos requeridos del proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos del proceso, por esta razón se denomina “base de datos dinámica”. La base de datos está formada por bloques que pueden estar interconectados. La creación de la base de datos, sus bloques y la relación entre ellos se realiza a través de “editor de base de datos”.
- **Driver:** La conexión entre los bloques de la base de datos y las señales del proceso se realiza por medio de drivers. Estos drivers manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.
- **Bloques (tags):** La base de datos esta compuesta por bloques como se ha mencionado. Para agregar o modificar las características de cada bloque se utiliza el editor de la base de datos. Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y enviar información hacia los drivers u otros bloques. Las funciones principales de los bloques son:
  - Recibir datos de otros bloques o del driver.

- Enviar datos a otros bloques o al driver.
- Establecer enlaces (links) a la pantalla (visualización, teclado o mouse).
- Realizar cálculos de acuerdo a instrucciones del bloque.
- Comparar los valores con umbrales de alarmas.
- Escalar los datos del driver a unidades de ingeniería.

## Comunicación

La comunicación con los dispositivos de las máquinas o procesos se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PCs.

Actualmente para la comunicación se usa un software denominado “servidor de comunicaciones”, el cual se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación (HMI u otros) los cuales son sus clientes. La técnica estandarizada en estos momentos para esto se llama OPC (Ole for Process Control), por lo que se cuenta entonces con Servidores y Clientes OPC, sin embargo aún quedan algunas instalaciones donde se usaba DDE para este propósito. Como también muchos software de aplicación sólo son clientes DDE, lo usual es que los servidores sean OPC y DDE.

## Tendencias

Teniendo en cuenta las tendencias que se han ido llevando los últimos años en cuanto a la adquisición de datos en tiempo real y la supervisión y control de procesos, se podría ofrecer una evolución en los siguientes aspectos:

- Su integración completa en entornos para gestionar el negocio de forma que se disponga de información de la planta en tiempo real, control y tratamientos de datos, y supervisión y gestión de la empresa. Un ejemplo sería la existencia de aplicaciones MES (Manufacturing Execution Systems), los servidores de datos y los servidores de web son una prueba de ello.
- Tratamiento de datos adquiridos en planta por sistema expertos para detección y diagnóstico de fallos. De esta forma se ayudaría al personal de planta a detectar los fallos, diagnosticar el problema que los provoca y conocer las acciones correctas a seguir.
- Mejora de las interfaces con el usuario en cuanto a gráficos de alta calidad, elementos multimedia de audio y vídeos, mejora de los sistemas operativos para incrementar los tiempos de respuesta, utilización de software orientado a objetos, diálogos conversacionales con programador y usuario, etc. Todo ello utilizando un hardware que lo soporte y que a su vez sea cada vez más compacto, fiable, potente, más rápido y que permita un mayor ancho de banda.



## 4. HMI V1

En la instalación ha sido necesario diseñar y programar dos tipos de HMI. Por una parte se encuentra el HMI referente a toda la instalación y cuyo visor será el propio ordenador. Por otro lado se encuentran los HMI referentes a pantallas táctiles propias de cada zona destinados para órdenes manuales de las máquinas (OP). En este capítulo se explicará el diseño del primer HMI definido y en concreto su primera versión.

Desde un principio se barajaron dos opciones para el desarrollo del HMI. Una de ellas era desarrollarlo en un entorno ya diseñado y por el que hay que pagar licencia. La otra opción era desarrollar un entorno propio desde un programa libre como puede ser el Visual Basic Express.

Se empezó por la primera opción ya que al estar desarrollado el entorno, el HMI sería muy fácil de implementar. El programa elegido fue WinCC ya que todos los PLCs que se iban a utilizar en la instalación iban a ser de Siemens. En este entorno ya están configurados todos los controles a utilizar en las pantallas y el programa queda simplificado en pocos pasos: el diseño de las pantallas, configuración de los controles de las pantallas, introducción de las variables así como todos los avisos de alarmas.

El problema llegó con el precio de la licencia que rondaba los 5.000€, por lo cual se acabó optando por el entorno propio, que aunque era mucho más laborioso, su precio era nulo.

Por lo tanto, se partió de la base de desarrollar el HMI en Visual Basic. De esta forma se reducían considerablemente los costes al no tener licencias, y además permitía más flexibilidad a la hora del diseño de las pantallas ya que se parte de programación en Visual en vez de depender solo de las opciones que permiten otros entornos como el WinCC.

A continuación, se explicará el tipo de conexión que se decidió utilizar, el código utilizado para poder leer y escribir el valor de las variables del autómatas y los diseños que se utilizaron para las distintas pantallas y su utilidades.

## Conexión

La conexión hacia el PLC y viceversa se puede realizar a partir de dos protocolos diferentes: TCP y UDP. A continuación se expondrá las características de ambos, así como sus diferencias y funcionalidades.

### TCP (Transmission Control Protocol)

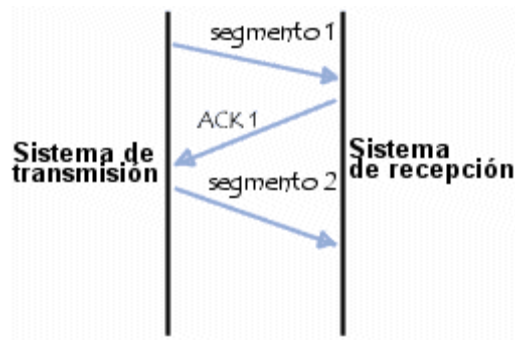
Protocolo orientado a conexión y fiable en el nivel transporte. Según el modelo OSI es un protocolo de capa 4. Dado que habitualmente se necesita que las conexiones sean fiables y que la capa IP aporta un servicio no fiable, TCP añade las funciones necesarias para prestar un servicio que permita que la comunicación entre dos sistemas se efectúe libre de errores, sin pérdidas y con seguridad.



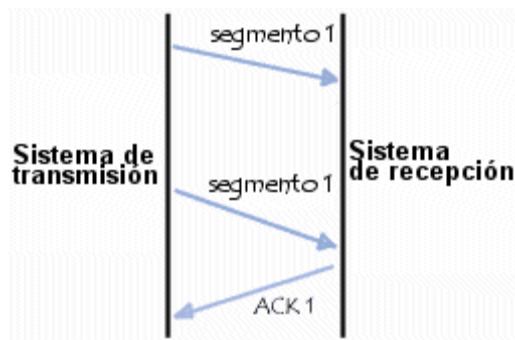
Los servicios provistos por TCP corren en los extremos de una conexión, no en la red. Por lo tanto, TCP es un protocolo para manejar conexiones de extremo a extremo llamadas circuitos virtuales.

Durante la conexión, las dos máquinas deben establecer una conexión. La máquina emisora (la que solicita la conexión) se llama cliente, y la máquina receptora se llama servidor.

El protocolo TCP tiene un sistema de acuse de recibo que permite al cliente y al servidor garantizar la recepción mutua de datos. Cuando se emite un segmento, se lo vincula a un número de secuencia. Con la recepción de un segmento de datos, la máquina receptora devolverá un segmento de datos donde el indicador ACK esté fijado en 1 acompañado por un número de acuse de recibo que equivale al número de secuencia anterior.



Además, usando un temporizador que comienza con el envío del segmento en el nivel de la máquina originadora, el segmento se reenvía cuando ha transcurrido el tiempo permitido sin que se reciba el acuse del recibo ya que en este caso la máquina originadora considera que el segmento se ha perdido.



Sin embargo, si el segmento no está perdido y llega a destino, la máquina receptora sabrá, gracias al número de secuencia, que es un duplicado, y sólo retendrá el último segmento que llegó a destino.

Por tanto, TCP proporciona un transporte fiable de flujo de bits entre aplicaciones. Está pensado para poder enviar grandes cantidades de información de forma fiable, liberando al programador de la dificultad de gestionar la fiabilidad de la conexión (una de las razones por las que se acabó decidiendo usar TCP), que gestiona el propio protocolo. Pero la complejidad de la gestión de la fiabilidad tiene un coste en eficiencia, ya que para llevar a cabo las gestiones anteriores se tiene que añadir bastante información a los paquetes que enviar. Debido a que los paquetes a enviar tienen un tamaño máximo, cuanto más información añade el protocolo para su gestión, menos información que proviene de la aplicación podrá contener ese paquete.

## UDP (User Datagram Protocol)

Protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros, así como tampoco se sabe si han llegado correctamente, ya que no hay

confirmación de entrega o recepción. Su uso principal es para protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión es mayor, o no son rentables con respecto a la información transmitida, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

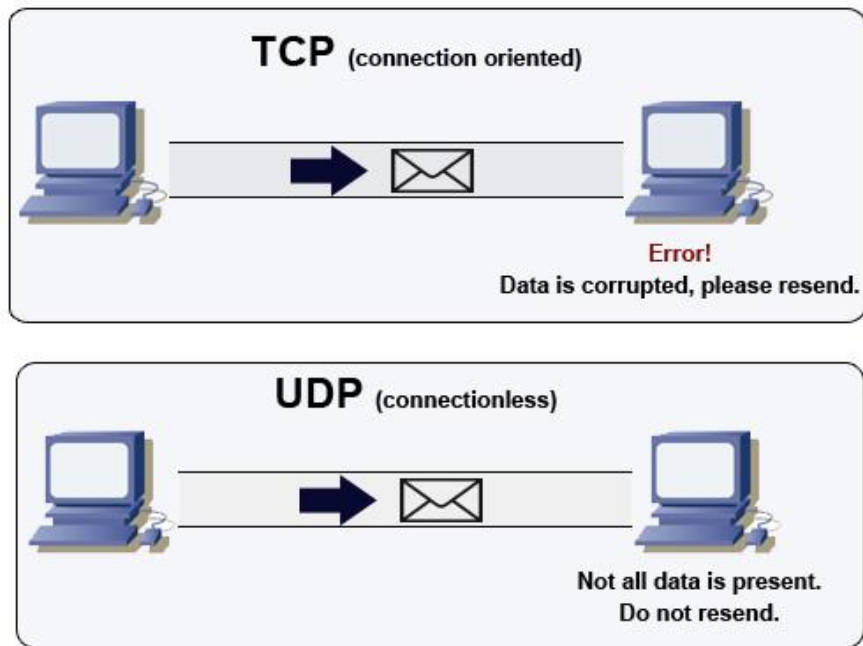


En la familia de protocolos de Internet, UDP proporciona una sencilla interfaz entre la capa de red y la capa de aplicación. No otorga garantías para la entrega de sus mensajes y el origen UDP no retiene estados de los mensajes UDP que han sido enviados a la red. Sólo añade multiplexado de aplicación y suma de verificación de la cabecera y la carga útil. Cualquier tipo de garantías para la transmisión de la información deben ser implementadas en capas superiores.

Lo utilizan aplicaciones como NFS (Network File System) y RCP (Remote File Copy), pero sobre todo se emplea en tareas de control y en la transmisión de audio y vídeo a través de una red. No introduce retardos para establecer una conexión, no mantiene estado de conexión alguno y no realiza seguimiento de estos parámetros. Así, un servidor dedicado a una aplicación particular, puede soportar más clientes activos cuando la aplicación corre sobre UDP en lugar de sobre TCP.

Por eso, cuando es más importante la velocidad que la fiabilidad, se utiliza UDP. En cambio, TCP asegura la recepción en destino de la información a transmitir.





### Protocolo utilizado

El protocolo que finalmente se eligió para la labor fue el de TCP por dos motivos principalmente. Por supuesto, la fiabilidad de la llegada correcta de los mensajes era crucial y por otro lado, la comunicación TCP se podía conseguir de forma sencilla mediante un entorno diseñado para dicha labor sin que en el PLC se tuviera que cambiar nada del programa. Esto era básico, ya que no se disponía de tiempo para cambiar en el PLC el programa que no estaba adaptado para conexión UDP.

El entorno para realizar la comunicación TCP es lo que se denomina un OPC Server, el cual hay que configurar para que hable con el PLC. Desde el HMI, lo que hay que implementar es la conexión con el OPC (Existe un ejemplo en Visual Basic dentro de los archivos del OPC para esta labor).

La conexión queda de la siguiente manera:



En este caso, el PLC era de la marca Siemens por lo que el OPC que se instalase debía ser compatible. Una vez instalado el software necesario, se debe configurar la conexión para que desde el PC se puedan leer las variables del PLC y escribir nuevos valores. Dicha configuración se explica a continuación.

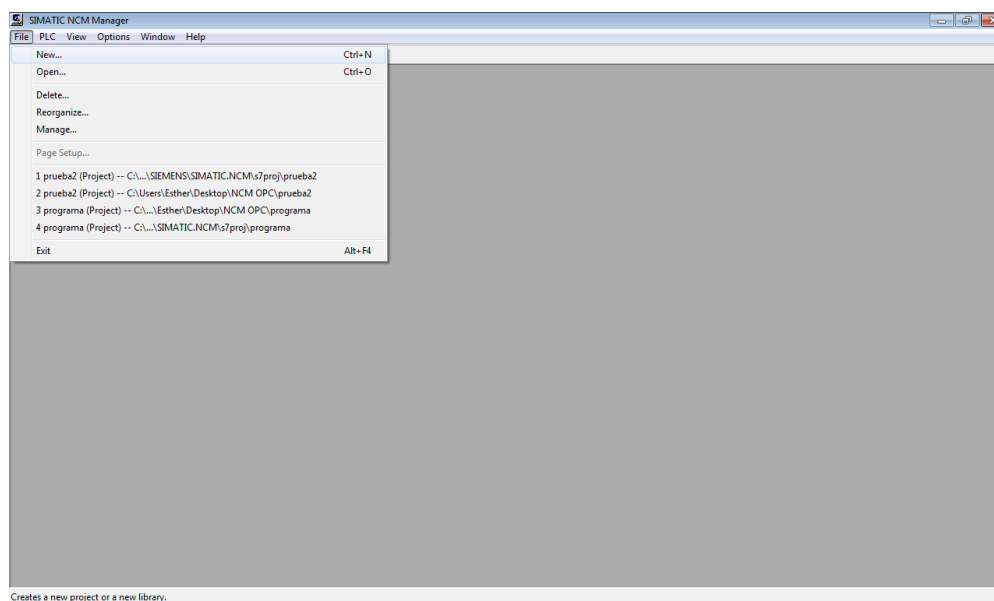
## Configuración OPC Server

Para poder implementar el OPC Server en el PC hay que seguir tres pasos. Cada uno de ellos, se realizará con un programa diferente que habrá que instalar con antelación. La configuración de todos los parámetros con el “Simatic NCM Manager”, su ejecución con el “Station Configuration” y la comprobación de que se ha realizado correctamente la conexión con el “OPC Scout”.

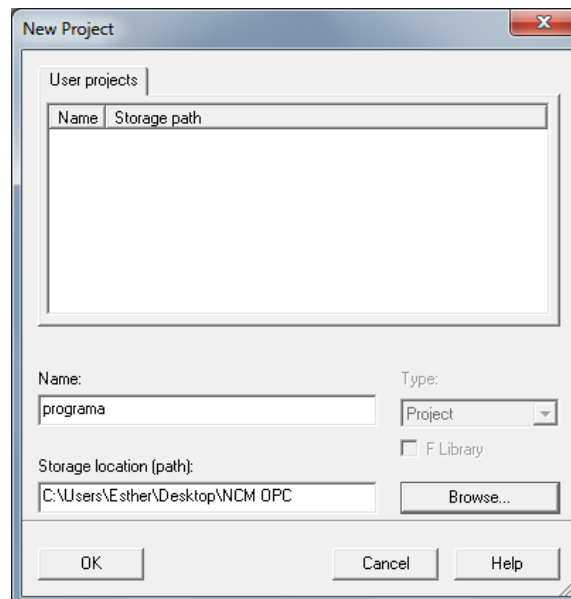
Antes de nada se debe comprobar que el PC tiene el mismo rango de IP que el PLC y que el PC es capaz de verle, haciéndole un “ping” desde la pantalla de terminal.

### 1) Simatic NCM Manager:

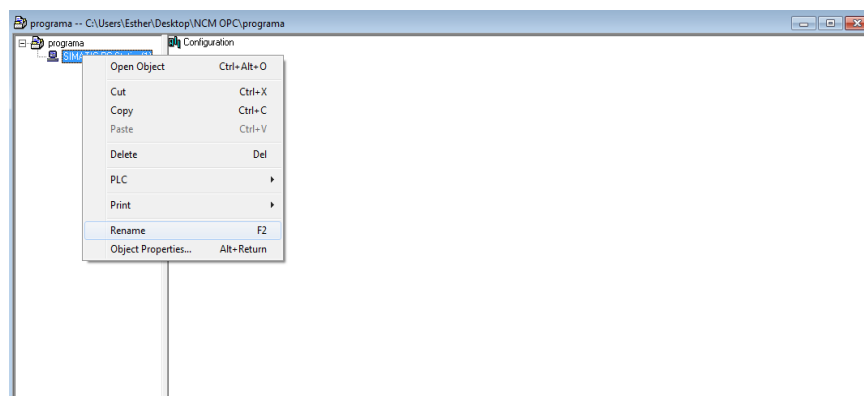
En este caso, al tener un PLC de Siemens, el OPC que hay que utilizar debe ser el propio de la marca, el cual se llama “Simatic NET”. Tras instalarlo en el ordenador hay que abrir el “Simatic NCM Manager” (All programs -> Siemens Automation -> SIMATIC -> Administrator SIMATIC NCM) y crear un nuevo proyecto (File ->New).



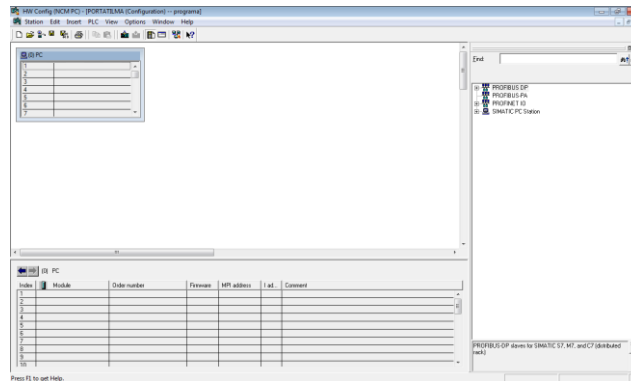
Se introduce el nombre del proyecto y luego se coloca en la carpeta que se desee. En el ejemplo el proyecto se llamará “programa”.



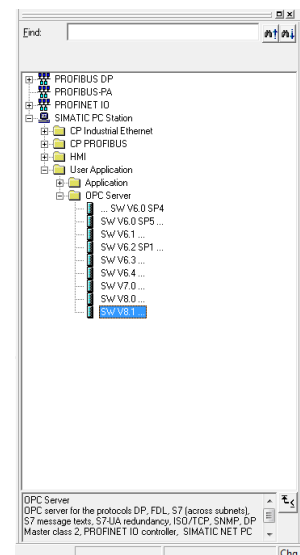
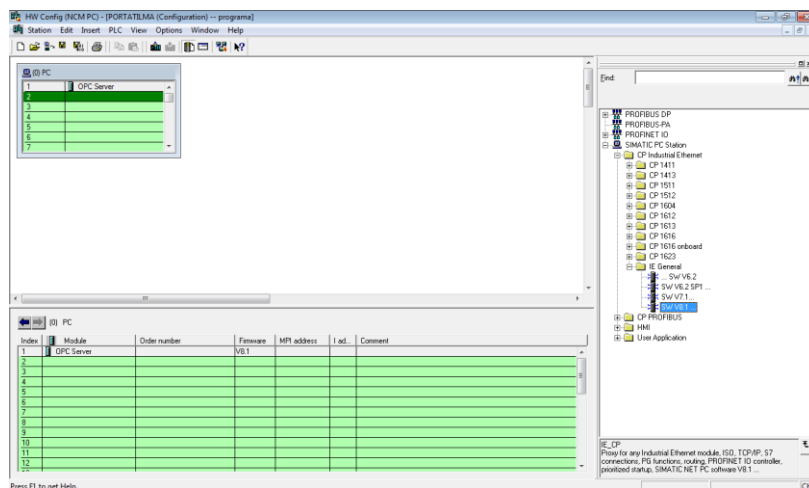
Una vez creado el proyecto, se hace click con el botón derecho del ratón sobre el archivo “Simatic PC Station” y se renombra con el nombre del PC. Posteriormente se hace doble click en “Configuration”.



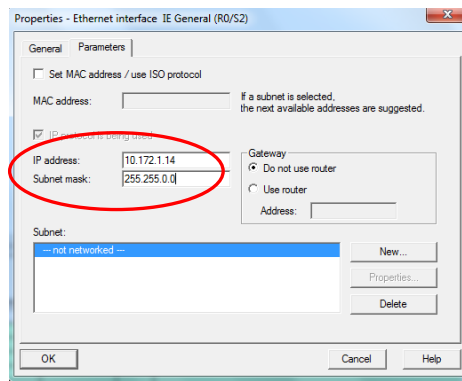
Con esto, se abrirá el “HW Config” en otra ventana:



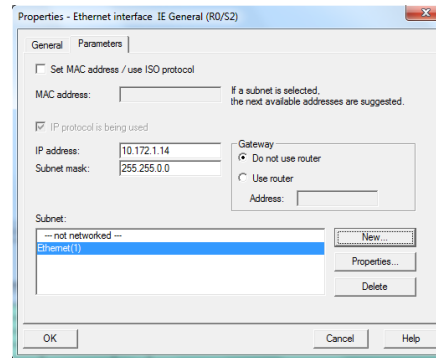
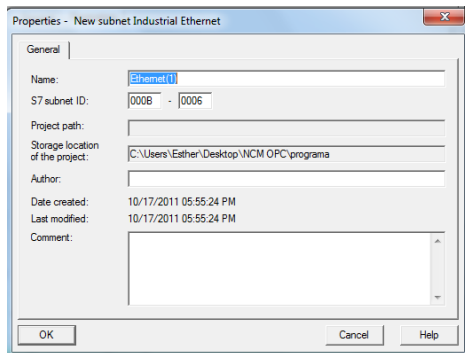
En la parte derecha de la ventana existe un menú desplegable de los diferentes dispositivos que se puede tener. En él se debe buscar y seleccionar todos los módulos de los que dispone el PLC. En primer lugar, se selecciona el OPCServer, para lo cual en este caso se tiene la versión 8.1 (SIMATIC PC Station -> User Application -> OPC Server -> SW V8.1).



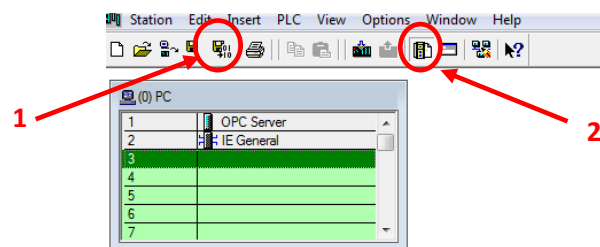
A continuación se selecciona la IEGeneral que en este caso también será la versión 8.1 (SIMATIC PC Station -> CP Industrial Ethernet -> IE General -> SW V8.1). Una vez seleccionada la IEGeneral se abrirá una ventana más pequeña con sus parámetros correspondientes. En dicha ventana se debe introducir tanto la IP del PC como la máscara, y se hace click en “New”.

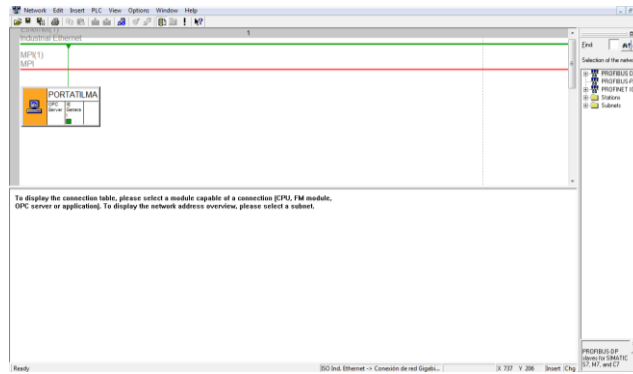


Se introduce el nombre para la conexión Ethernet y se hace click en las dos ventanas.

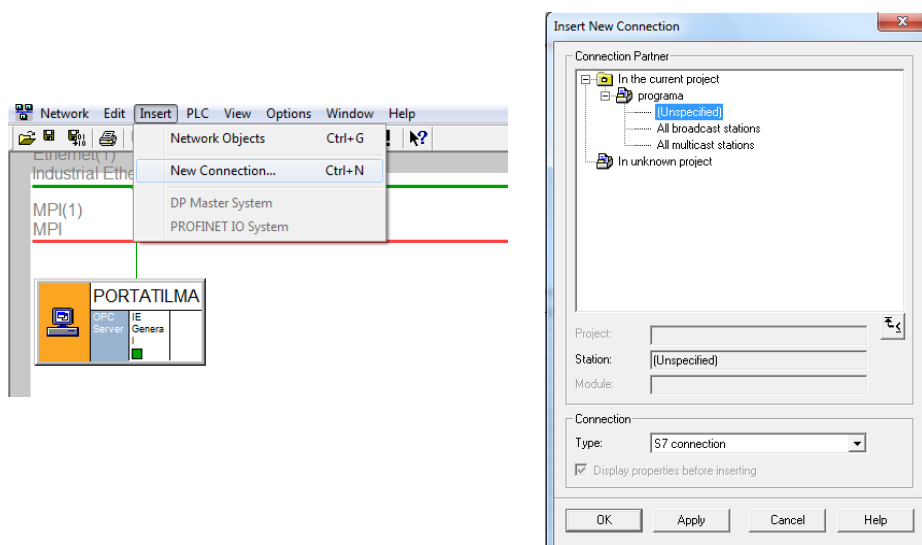


Se guarda y compila el proyecto, y después se abre el “NetPro” haciendo click sobre el icono de “Configure network”.

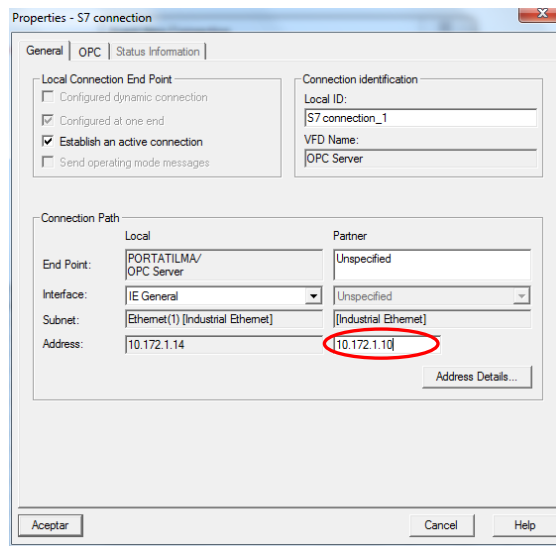




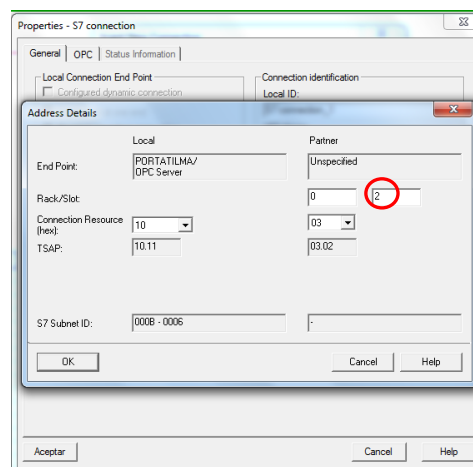
En el “NetPro”, se selecciona el OPCServer y se inserta una nueva conexión. Se selecciona la conexión como “Unspecified” y se hace click en “Apply”.



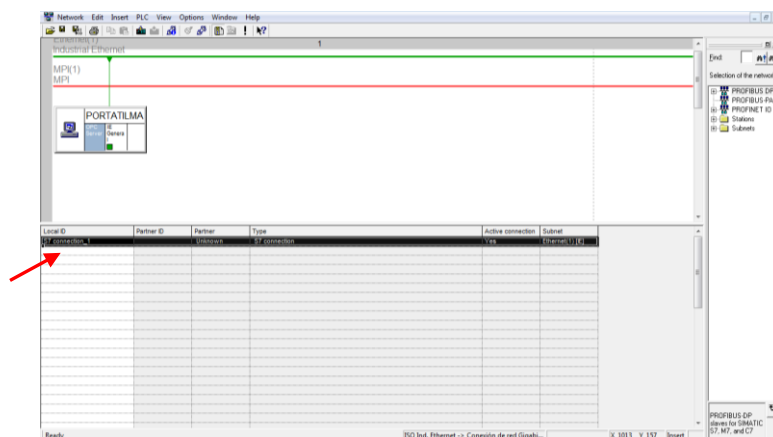
Se introduce la IP del PLC y se hace click en “Address Details”.



Se cambie el Slot a “2” y se acepta hasta volver a las ventana principal.

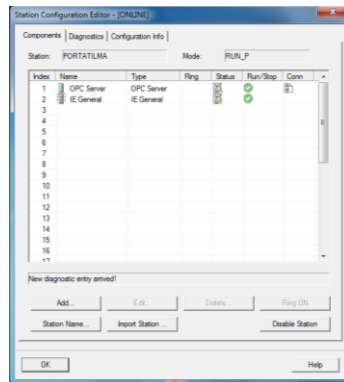


La nueva conexión aparecerá en la lista (seleccionando el OPCServer). Se guarda y compila, y se cierran todas las ventanas.

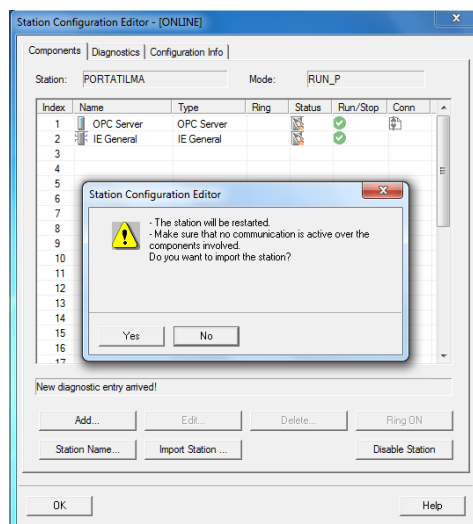


## 2) Station configuration

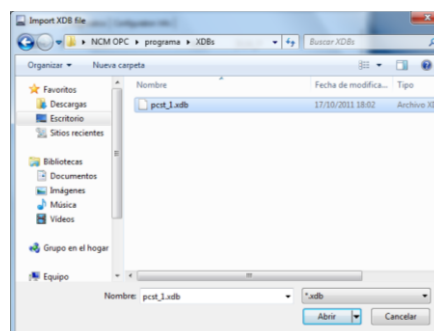
Se abre el “Station configurator” (All programs -> Siemens Automation -> Station Configurator).



Se hace click en “Import Station” asegurandose de que el PC no está conectado a ninguna red local y se hace click en “Yes”.

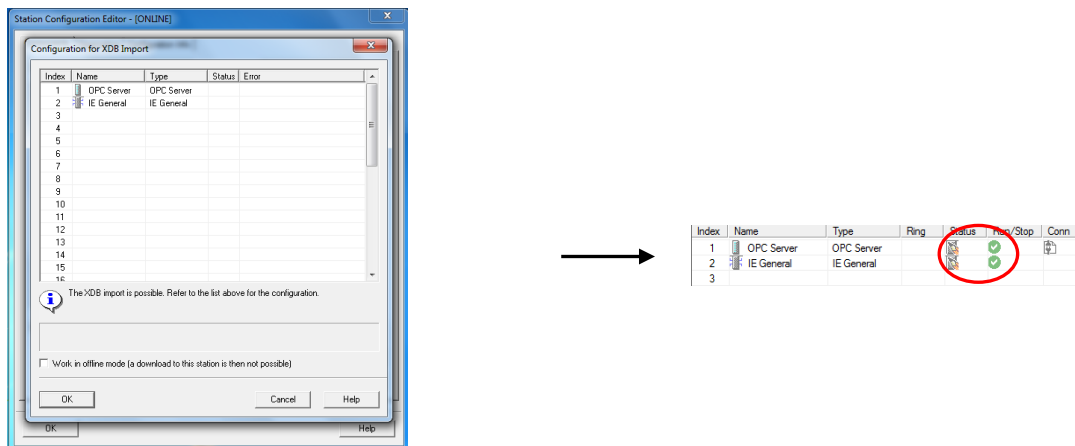


Se selecciona el fichero pcst\_1.xdb en el proyecto creado dentro de la carpeta de XDBs y se abre.



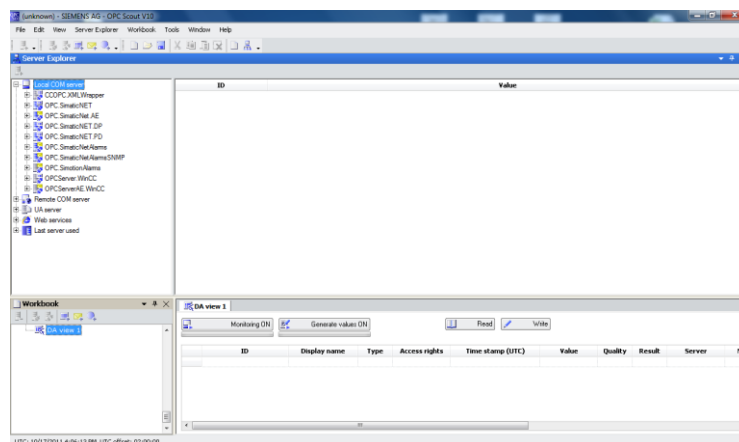


Se hace click en “OK” en la siguiente ventana y se chequea que ningún módulo da error de conexión.



### 3) OPC Scout V10

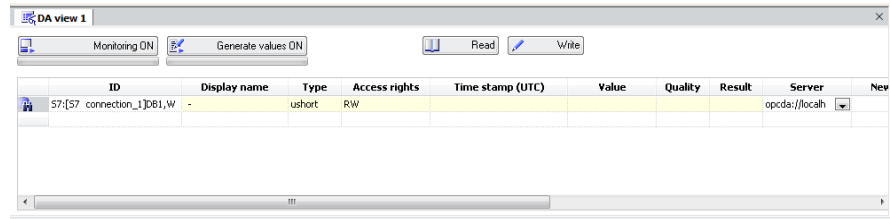
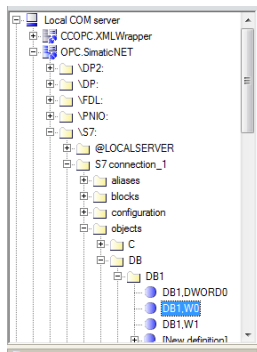
Se abre el “OPC Scout V10” (All programs -> Siemens Automation -> SIMATIC -> SIMATIC NET). Se conecta el PC al PLC por Ethernet, en este caso.



En el menu de árbol se hace lo siguiente:

Local COM server -> OPC SimaticNET ->\S7: ->S7 connection\_1 (Con el nombre que se había denominado la conexión) ->objects.

Ahí se encuentran todos los bloques del programa del PLC. Si, por ejemplo, se quiere comprobar el valor de una variable de un DB, se pincha en “DB” y después se selecciona el DB donde se encuentra la variable. Para añadir una nueva variable para el análisis se hace click en “New definition” y se introduce el tipo de variable y su dirección. Una vez hecho esto, se arrastra dentro de la lista “DA view 1” que se encuentra debajo en la ventana.



Para monitorizar una variable se hace click en “Monitoring OFF” que cambiará a ON. Si se quiere forzar el valor a una variable, se introduce el nuevo valor en “New value” en la propia tabla y se pincha en “Write”. De esta forma, se podrá comprobar que la conexión con el PLC se ha hecho correctamente.

## Conexión OPC-HMI

A continuación se explica como se ha realizado la conexión del programa del HMI con el OPC Server:

Primeramente se define el acceso al OPC y se conecta a él

```
Dim objServer As Access_PLC = New Access_PLC("OPC.SimaticNET")
objServer.conectar()
```

Se ejecuta la función de conectarse

```
Public Function Conectar() As String
    Try
        ServerObj = New OPCServer
        ServerObj.Connect(_OPCServerName, "VMESC01")
        GroupsObj = ServerObj.OPCGroups
        Return String.Empty
    Catch ex As Exception
        Return ex.Message
    End Try
End Function
```

Al final del programa se debe desconectar del enlace

```
Public Function Desconectar() As String
    Try
        ServerObj.OPCGroups.RemoveAll()
        Marshal.ReleaseComObject(GroupsObj)
        GroupsObj = Nothing
        ServerObj.Disconnect()
    End Try
End Function
```

```

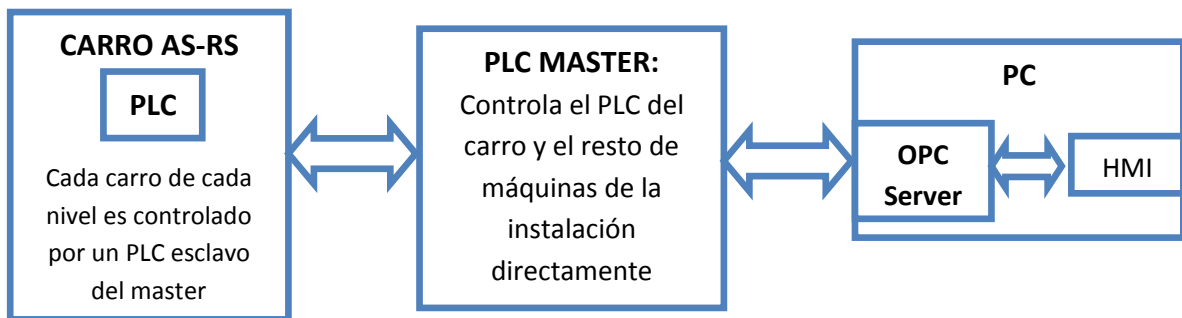
        Marshal.ReleaseComObject(ServerObj)
        ServerObj = Nothing
    Catch ex As Exception
    End Try
End Function

```

Este código está implementado dentro del mismo fichero donde se encuentran las funciones para la lectura y escritura de valores de variables

## Carga de variables del PLC

En la instalación se dispone de un PLC “master” que será con el que el OPC se comunique. Por tanto, habrá que extraer del PLC las variables que interesen para mostrar en el HMI al igual que se debe poder escribir en él. Esto se hace, mandando desde al HMI una orden al OPC con la dirección de memoria del PLC en el que se quiere escribir o de la que se quiere leer.



Desde el punto de vista del PLC, en el programa existen unos registros llamados DB donde se encuentran todas las variables que se necesitan para cada máquina de la instalación. Cada una de estas máquinas hace referencia a una estructura de variables propias ya que cada una necesita unos parámetros propios que determinan el movimiento, lectura de datos, alarmas, temporizadores, etc...

Por tanto en una primera instancia, desde el HMI se deben definir las estructuras de cada máquina. En este caso, para un mismo tipo de máquina se tiene la misma estructura, y por lo tanto sus variables están posicionadas en el mismo espacio de memoria, pero cada una en su DB propio del programa del PLC.

Es por ello, que a la hora de desarrollar el programa del HMI, primeramente se define la estructura de la máquina y posteriormente se le adjudica a cada una de las variables una dirección de memoria dependiente del número de DB.

Por ejemplo, se tiene la siguiente estructura como una clase nueva:

```

Public Class Track
    Public Property Loop_orig() As Integer
    Public Property Modul_orig() As Integer
    Public Property Nivel_orig() As Integer
    Public Property Fila_orig() As Integer
    Public Property Lado_orig() As Integer
    Public Property Prof_orig() As Integer
    Public Property Loop_dest() As Integer
    Public Property Modul_dest() As Integer
    Public Property Nivel_dest() As Integer
    Public Property Fila_dest() As Integer
    Public Property Lado_dest() As Integer
    Public Property Prof_dest() As Integer
End class

```

Lo que se debe hacer a continuación es definir la dirección de memoria de cada una de las variables, lo cual se hace dentro de otra clase en el programa:

```

Public ReadOnly Property Loop_orig() As String
    Get
        Return String.Format("S7:[S7 connection_1]DB{0},INT0",_dbNumber)
    End Get
End Property

```

Como se puede observar, el nombre de la conexión que se introduce debe ser la misma que se ha configurado desde el Simatic NET para el OPC.

Una vez definidos los dos tipos de clases, y hecho para cada estructura de máquinas que se tenga, se debe proceder a definir las funciones para hacer la lectura y escritura del valor de dichas variables.

Para la lectura, lo que se hace es leer la variable del PLC y escribirla en una estructura del tipo de la primera estructura que se ha explicado. Por supuesto, en el caso del HMI del ordenador, para cada pantalla, solo se lee la estructura que interesa saber, ya que de esta forma se ahorrará en cómputo de datos. Por ejemplo, si solo se tuviese una variable dentro de la estructura a leer, sería con la siguiente función:

```

Public Function GetGalibData(ByVal dbNumber As String) As Galibo_Err
    'estado
    Dim ErrorPIE As Object = 0

    'se define un grupo de la forma OPCGroup y una estructura del segundo tipo que
    'se ha explicado donde se define todas las direcciones.

```

```

Dim signQuality As Object = 0
Dim signTimeStamp As Object = 0
Dim GroupObjGalRead As OPCGroup = GroupsObj.Add("GalReadOPCGroup"+dbNumber)
Dim GalReadSigns As Galibo_PLC = New Galibo_PLC(dbNumber)

Dim ItemObjErrPIE As OPCItem = GroupObjGalRead.OPCItems.AddItem
(GalReadSigns.Err_PIE, 1)

Dim Dims() As Integer = New Integer() {1}
Dim Bounds() As Integer = New Integer() {1}
Dim Serverhandles As Array =Array.CreateInstance(GetType(Integer),Dims,
Bounds)
Dim MyErrors As Array =Array.CreateInstance(GetType(Integer),Dims, Bounds)
Dim MyValues As Array = Array.CreateInstance(GetType(Object), Dims, Bounds)

ItemObjErrPIE.Read(OPCDataSource.OPCDevice, ErrorPIE,signQuality,
signTimeStamp)
Dim dataGal As Galibo_Err = New Galibo_Err()
dataGal.Err_PIE = ErrorPIE
Marshal.ReleaseComObject(ItemObjErrPIE)
ItemObjErrPIE = Nothing

ServerObj.OPCGroups.Remove(GroupObjGalRead.ClientHandle)
Marshal.ReleaseComObject(GroupObjGalRead)
Return dataGal
Exit Function
End Function

```

Primeramente se define un grupo de la forma OPCGroup y una estructura del segundo tipo que se ha explicado donde se define todas las direcciones. Se crea una variable de la forma OPCItem y se le adjudica la dirección de memoria de la variable a la que se le quiera asociar. Después, se lee el valor de la variable según esa dirección y ese valor se le da a otra variable auxiliar de tipo Object.

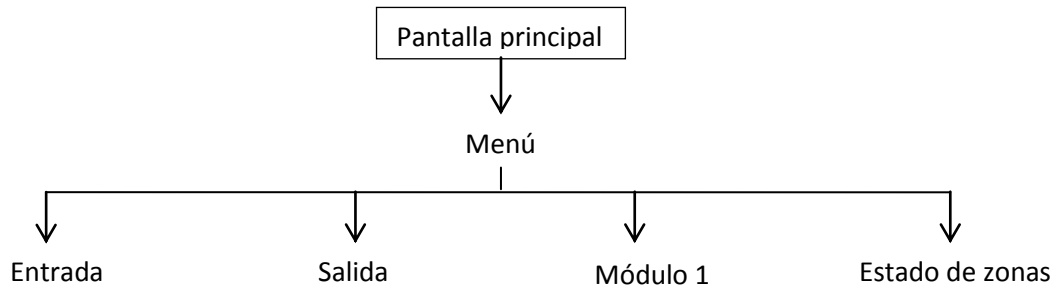
A continuación, se crea una estructura del tipo de la máquina, y se adjudica el valor del objeto a la variable de la estructura que se desee. Al finalizar la función, se devuelve la estructura deseada con todos sus valores.

## Estructura de las pantallas

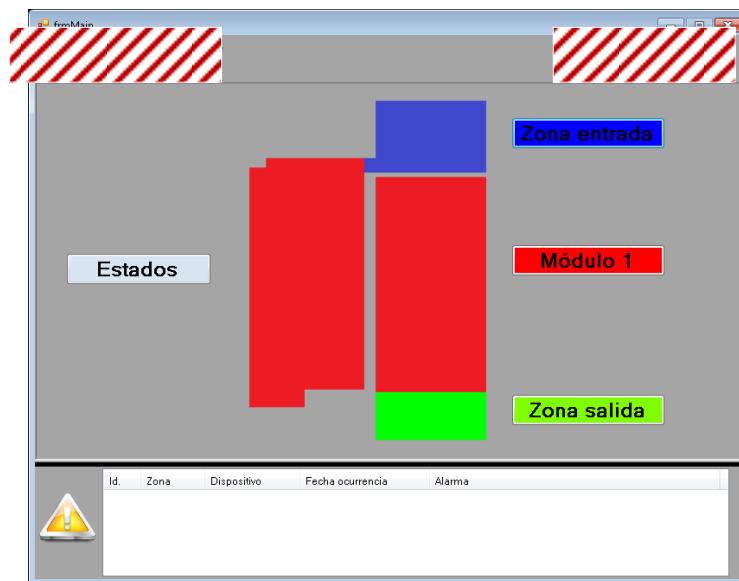
A continuación se mostrarán todas las pantallas de las que dispone el HMI, así como sus distintas funcionalidades. Para ello, como se explicó al principio del capítulo, se hizo uso del

programa Visual Basic el cual permite el diseño de pantallas y un gran número de objetos y complementos para poder introducir en ellas.

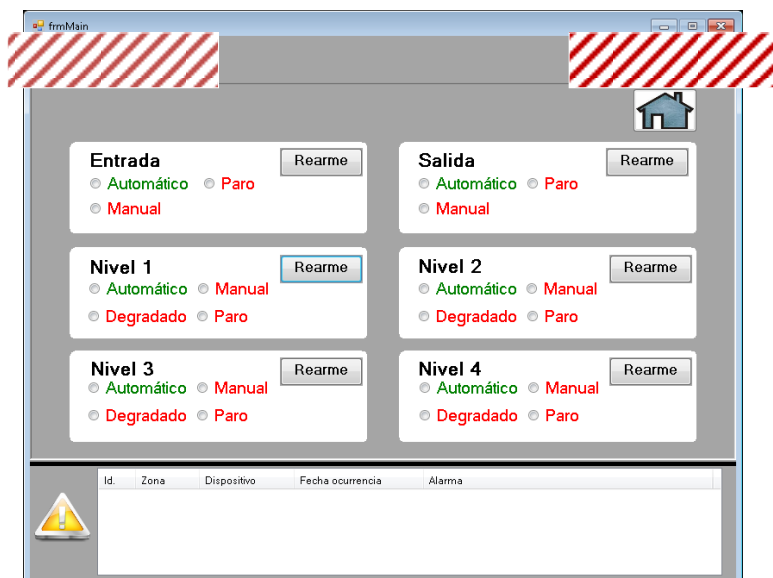
Este HMI dispone de una pantalla principal a partir de la cual se van abriendo las diferentes pantallas dentro de ella.



Nada más abrir la aplicación la primera pantalla que aparece es la siguiente.

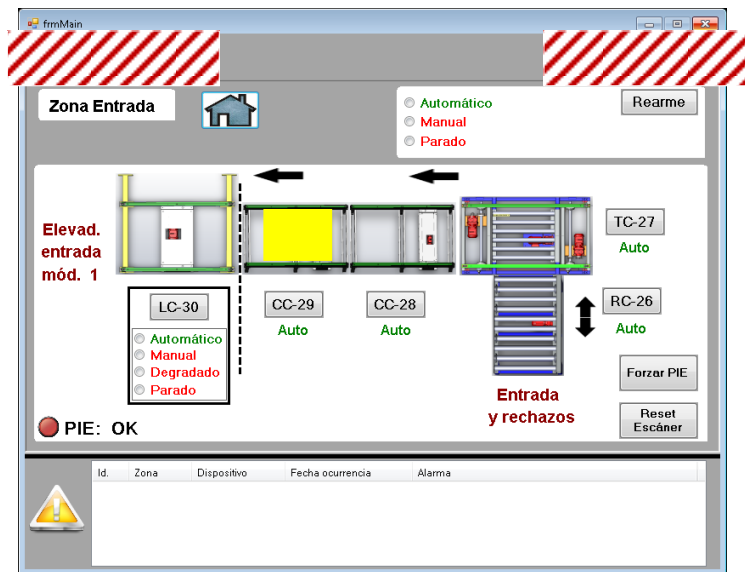


El encabezado de la pantalla (con los dos logotipos) y el pie de página con las alarmas pertenece a la pantalla principal (los detalles de las alarmas se explicarán más adelante) y dentro de ella en la parte central es donde se abrirán el resto de pantallas. En este caso se comienza con la representación de la planta del almacén con la parte de entrada, salida, el módulo (sólo se representa el módulo 1 debido a que es él que está activo en estos momentos) y los estados de todas las zonas. Si se pincha en “Estados” aparece la siguiente pantalla:

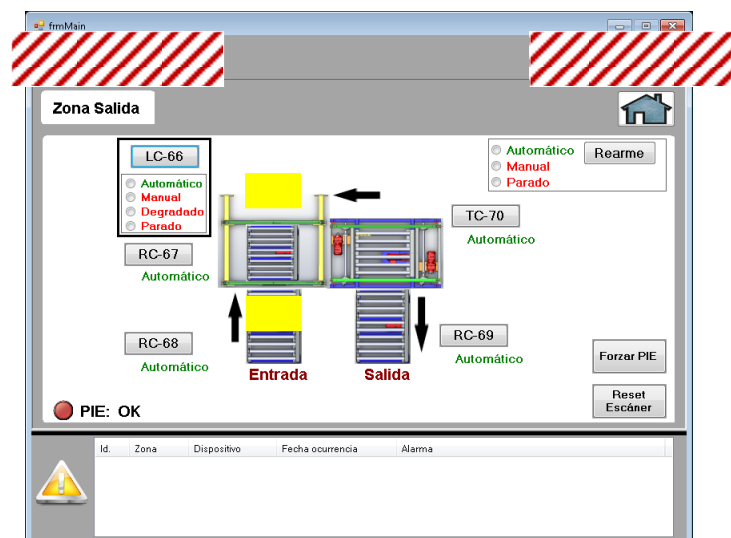


Desde ella se pueden observar los estados de todas las zonas que existen en el almacén, así como cambiarlos en caso de que hubiera algún problema y poder resetear los fallos de cada zona con los botones de “Rearme”. Se vuelve a la primera pantalla pinchando en el botón con la casa y se pulsa el botón de “Zona entrada”. Desde la pantalla que se abre, se puede ver la planta de la zona de entrada así como el estado general de cada mesa: estados y si tiene algún palet encima (cuadrado amarillo). Empezando desde abajo, hay una mesa de rodillos, un transfer Conveyor, dos mesas de cadenas y un elevador que será el que se encargue de repartir cada palet a su nivel correspondiente. En la mesa de rodillos, se disponen cuatro escaners que serán los responsables de ver si hay algún problema en las etiquetas de los palets. En caso de que lo hubiera, en la parte del “PIE” (Punto de Identificación de Entrada) aparecería al lado el defecto del palet. Debido a que es una instalación en pruebas se le ha tenido que insertar dos botones en la pantalla debido a que había ciertos problemas con los valores de algunos bits desde el PLC. Presionando el botón de cada mesa se puede acceder a la pantalla propia de dicha mesa para ver todos los sus datos.

Además desde la misma pantalla también se puede ver los estados de la zona, así como cambiarlos y resetear las máquinas pertenecientes a dicha zona.

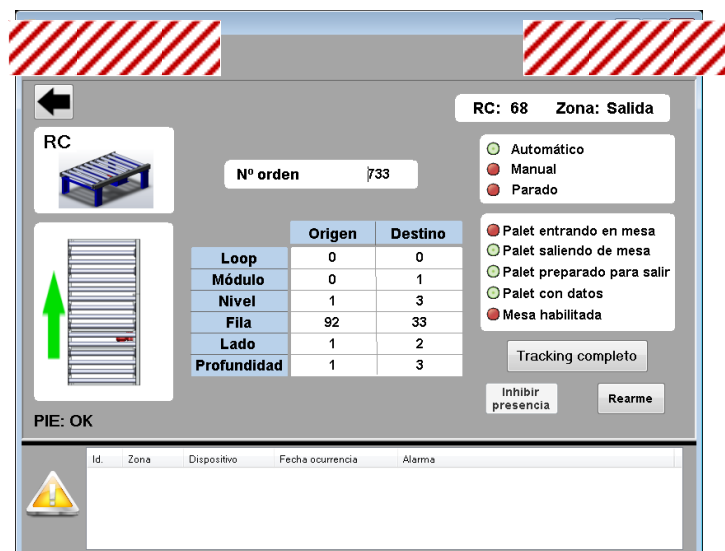


En el caso de la “Zona salida”, la pantalla es similar con las mismas utilidades, ya que también entran por esa otros palets y por tanto también tiene otros cuatro escaners. Igualmente se puede ver el estado de está zona, resetear los fallos y acceder a las mesas pertenecientes a dicha zona.



Si se selecciona un RC (Roller Conveyor o mesa de rodillos) cualquiera, aparece una pantalla como la siguiente.

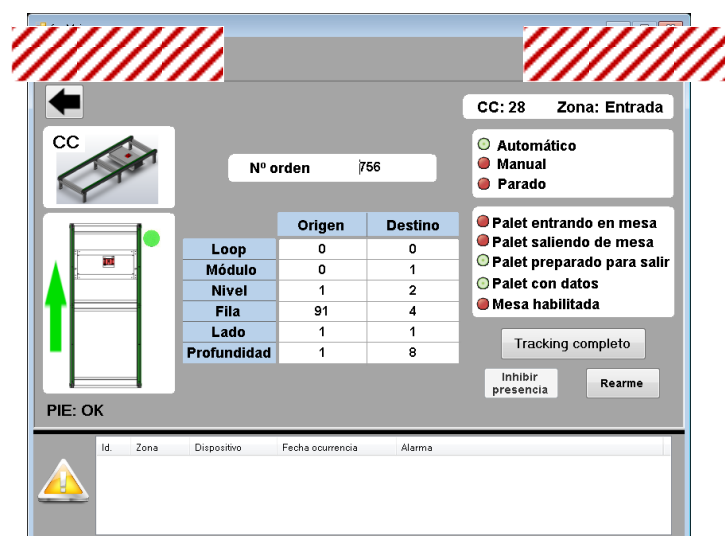




Antes de nada, se debe aclarar que no existe una pantalla para cada máquina, sino que existe para cada tipo de máquina. De esta forma, solo se determina el tipo de máquina para el que se quiere abrir la pantalla y, dependiendo del número de mesa que sea, se cargará unos datos en la pantalla referentes a esa máquina. Esto es sencillo, ya que, por ejemplo, todas las mesas de rodillos tienen la misma estructura de datos en el PLC y lo único que cambia es el DB donde están guardados esos datos. Ese DB será el número de la mesa más 100, por lo que para cargar los datos referentes a dicha mesa, lo único que hace falta es saber su número y tipo correspondiente.

En la última pantalla se muestra un RC (mesa de rodillos) . En ella se puede ver el número de orden, tracking, estados, movimientos y presencias. También se pueden resetear los fallos de la máquina y ver su tracking completo (más adelante se explicará).

De la misma forma, son las pantallas de las CC (Chain Conveyor o mesa de cadenas):



Una TC (Transfer Conveyor):

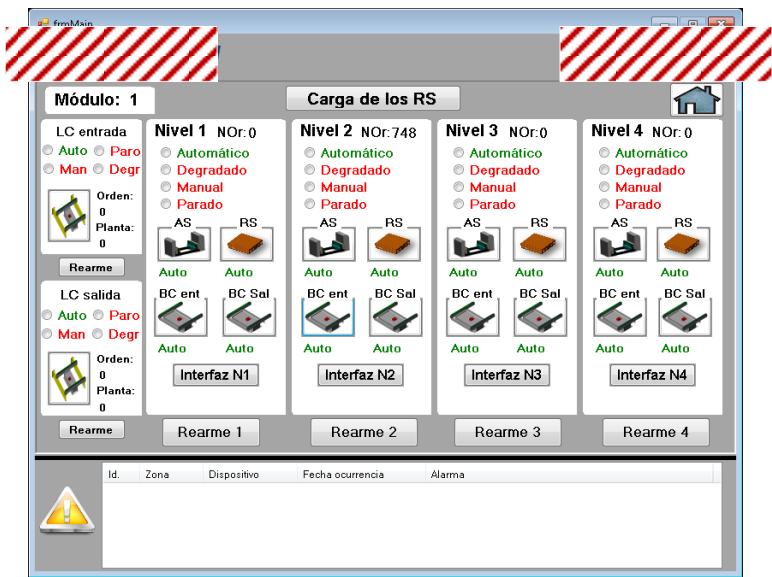


Esta mesa hace las veces de cruceta, de forma que por un lado transporta los palets por rodillos y por el otro lado por cadenas. Para poder apoyar la carga sobre unos u otros, la parte de cadenas se puede subir o bajar.

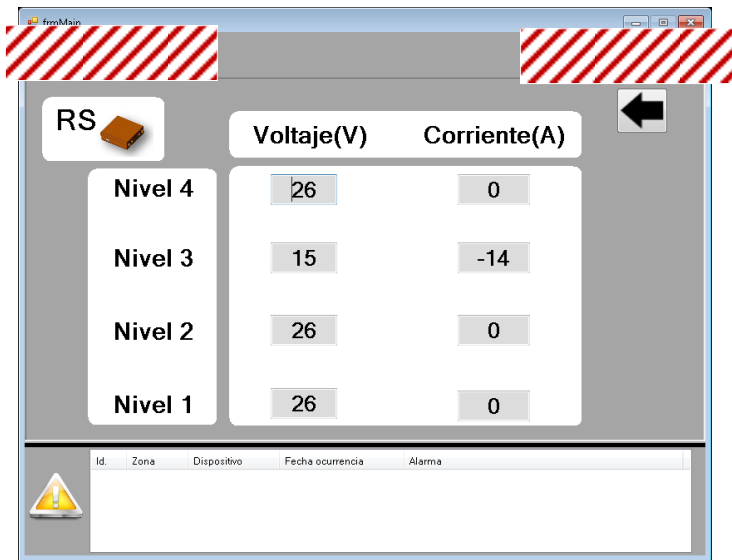
También están los elevadores, a cuyas pantallas se puede acceder ya sea desde la zona de entrada o salida y desde la pantalla del módulo.



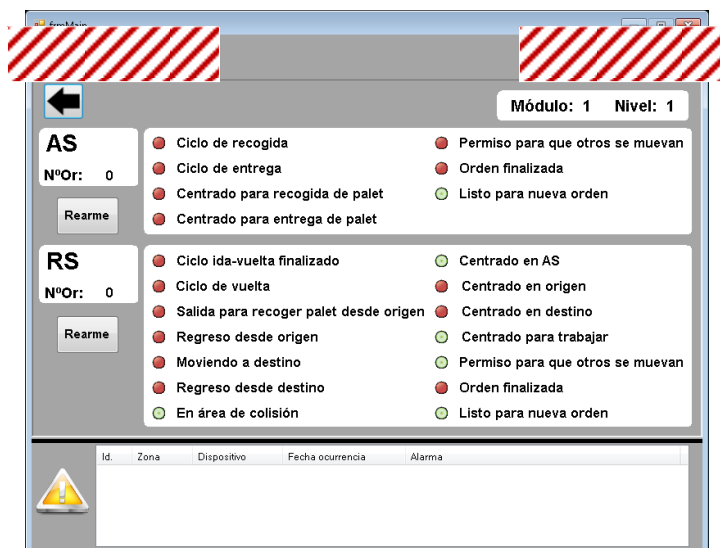
Si se vuelve a la pantalla y se selecciona “Módulo 1”, aparecerá lo siguiente:



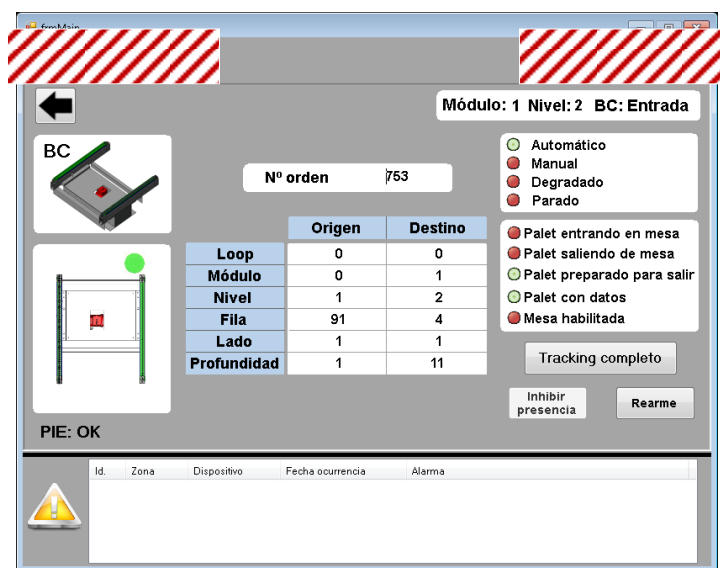
Desde ella se puede ver el estado de cada máquina que compone cada nivel dentro del módulo del almacén al igual que los dos elevadores correspondientes. A su vez, también se puede acceder a la pantalla de la carga de los diferentes carros.



Pulsando el botón de “Interfaz” en la pantalla del módulo se puede observar los estados de los dos componentes del carro dentro de cada nivel, tanto el AS como el RS.



Los palets tras dejar el elevador que les lleva al nivel correspondiente, pasan a unas mesas llamadas BC (Buffer Conveyor) dispuestas en cada nivel tanto a la entrada como a la salida, que esperarán con el palet hasta que el carro del nivel llegue para recogerlo. A estas pantallas se puede acceder desde la pantalla de módulo, al igual que se puede acceder a los carros del nivel.



En todas las pantallas de las diferentes mesas del almacén hay un botón por el que se puede observar el tracking completo de la mesa seleccionada.

frmMain

Rearme

Nº orden: 755  
Nº exped.: 0

	Origen	Destino
Loop	1	0
Módulo	0	1
Nivel	1	2
Fila	91	4
Lado	1	1
Profundidad	1	9
Conveyor	91	0

Modificar Cancelar

PIE: OK

Orden de entrada  
Orden de salida  
Recolocación  
Rechazo  
Medio palet

Entrada por BC1  
Salida por BC1  
Entrada por BC2  
Salida por BC2

Altura: 0 mm  
Anchura: 0 mm  
Profund: 0 mm

Solo para manual

Mesa orig.:  
Mesa dest.:  
Mover datos  
Borrar datos

Id.	Zona	Dispositivo	Fecha ocurrencia	Alarma
-----	------	-------------	------------------	--------

En la pantalla de tracking se muestran los datos de origen y destino del palet, el nº de orden y expedición, si es de entrada, salida, recolocación o rechazo, si es medio palet y por qué BC del nivel entra o sale.

frmMain

Rearme

Nº orden: 0  
Nº exped.: 0

	Origen	Destino
Loop	0	0
Módulo	0	0
Nivel	0	0
Fila	0	0
Lado	0	0
Profundidad	0	0
Conveyor	0	0

Modificar Cancelar

PIE: OK

Orden de entrada  
Orden de salida  
Recolocación  
Rechazo  
Medio palet

Entrada por BC1  
Salida por BC1  
Entrada por BC2  
Salida por BC2

Altura: 0 mm  
Anchura: 0 mm  
Profund: 0 mm

Mesa orig.: 34  
Mesa dest.:  
Mover datos  
Borrar datos

Id.	Zona	Dispositivo	Fecha ocurrencia	Alarma
91	Modulo 1	BC 1-1 Salida	2012-03-07 17:01:40	Fallo termico de motor de BC
99	Modulo 1	BC 1-1	2012-03-07 17:01:40	Fallo termico de motor de BC

En el caso de que la mesa que se esté analizando está en manual, se habilitará un botón con el texto “Modificar” al igual que la posibilidad de poder mover los datos del tracking de esa mesa a otra. En el caso de pulsar el de modificar, se habilitará tanto el destino, el número de orden, el número de expedición y los datos referentes al tipo de orden para poderlos modificar directamente.

The screenshot shows the 'frmMain' window with a red and white striped header. It contains several sections:

- Navigation:** A back arrow button and a 'Rearme' button.
- Order Information:** 'Nº orden' and 'Nº exped.' both set to 0.
- Tracking Table:** A table with columns 'Origen' and 'Destino'. Rows include 'Loop', 'Módulo', 'Nivel', 'Fila', 'Lado', 'Profundidad', and 'Conveyor', all with values of 0.
- Control Options:** A list of checkboxes for 'Orden de entrada', 'Orden de salida', 'Recolocación', 'Rechazo', 'Medio palet', and specific BC1/BC2 entry and exit points.
- Dimensions:** 'Altura', 'Anchura', and 'Profund' fields, all set to 0 mm.
- Buttons:** 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons.
- Status:** 'PIE: OK'.
- Alarm Log:** A table with columns 'Id', 'Zona', 'Dispositivo', 'Fecha ocurrencia', and 'Alarma'. It shows two entries for 'Fallo termico de motor de BC'.
- Right Panel:** 'Mesa orig.' dropdown (set to 34), 'Mesa dest.' dropdown, 'Mover datos' button, and 'Borrar datos' button.

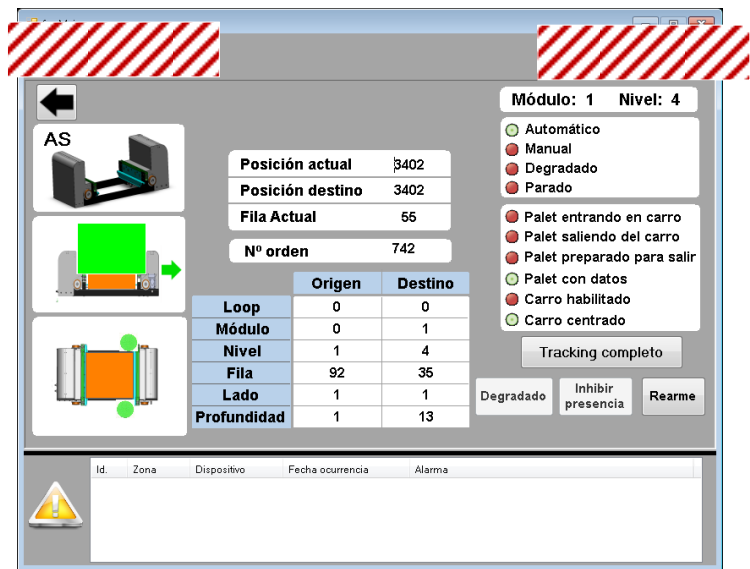
Si por algún casual, se quisiera cancelar la modificación de datos, se pulsaría el botón de “Cancelar”, que volvería a dejar los datos como estaban, mientras que si se pulsa el botón de “Aceptar”, se modificarán los datos tal cual se han cambiado en la pantalla.

Otra opción que existe es mover los datos del tracking de una mesa a otra. Para ello, se dispone de dos menús desplegables con las mesas disponibles. Por defecto, la mesa de origen será la propia de la pantalla. Así mismo, también se podrá borrar los datos de la mesa origen. Por supuesto, esto sólo se podrá hacer en el caso de que las dos mesas estén en manual. Si no, aparecerá un aviso en la pantalla indicándolo.

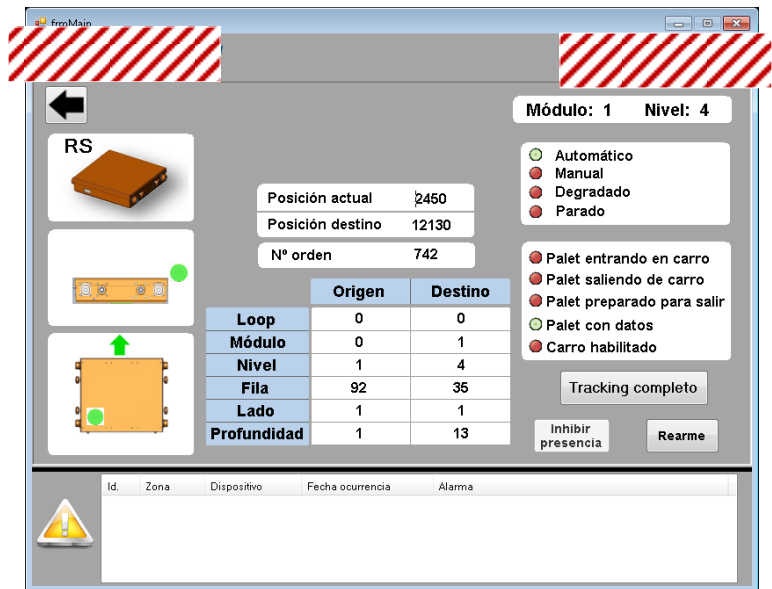
This screenshot is similar to the previous one, but with a dialog box open in the center. The dialog box is titled 'Indicar mesa de destino' and has an 'Aceptar' button. The 'Mesa orig.' dropdown is still set to 34, and the 'Mesa dest.' dropdown is empty. The 'Mover datos' button is visible below the dropdowns.

Volviendo a la pantalla del módulo, también desde ella se puede acceder a la pantalla del carro AS . Al igual que con las anteriores máquinas, en esta se observa los movimientos del carro AS, las diferentes presencias, los estados, el tracking y su posición. En esta pantalla, existe un botón denominado “degradado”. Este sólo se activa si el carro está en degradado. Pulsándole

se activa una pantalla similar al tracking en la que puedes insertar una orden directamente al carro para que lo haga a velocidad de automático.



De la misma forma, se puede acceder a la pantalla del carro RS.



Tanto desde la pantalla de AS como del RS se puede acceder a su vez a la pantalla del tracking completo, aunque ésta tendrá algunas diferencias en relación con la pantalla de tracking completo de las mesas. En este caso, no se podrá ni modificar el tracking ni mover el tracking a otra mesa. Sólo se podrá borrar los datos, siempre que el carro esté en manual.

The screenshot shows an HMI software interface with the following elements:

- Buttons:** "Rearme" (Reset) and "Borrar datos" (Clear data).
- Order and Expedient Fields:**
  - Nº orden: 749
  - Nº exped.: 0
- Legend:**
  - Orden de entrada (Green circle)
  - Orden de salida (Red circle)
  - Recolocación (Red circle)
  - Rechazo (Red circle)
  - Medio palet (Green circle)
  - Entrada por BC1 (Green circle)
  - Salida por BC1 (Red circle)
  - Entrada por BC2 (Red circle)
  - Salida por BC2 (Red circle)
- Dimensions:**
  - Altura: 0 mm
  - Anchura: 0 mm
  - Profund: 0 mm
- Table:**

	Origen	Destino
Loop	1	0
Módulo	0	1
Nivel	1	2
Fila	91	4
Lado	1	1
Profundidad	1	13
Conveyor	91	0
- Status:** PIE: OK
- Alarm List Table:**

Id.	Zona	Dispositivo	Fecha ocurrencia	Alarma

Estas son todas las pantallas de las que dispone el HMI. Falta comentar la gestión de alarmas que se muestran en la parte inferior de la pantalla para lo cual, se va a explicar como se cargan y su gestión en la pantalla.

Para poder hacer la lectura de todos los fallos de las máquinas, se ha creado un archivo en Excel con dos tablas. Una consiste en los fallos existentes por cada tipo de máquina y la otra consiste en una lista con todas las máquinas de la instalación. Uniendo las dos tablas se obtiene una única con todos los fallos de todas las máquinas. Una vez hecho esto, se crea un archivo .xml en el que los fallos quedan definidos de la siguiente forma:

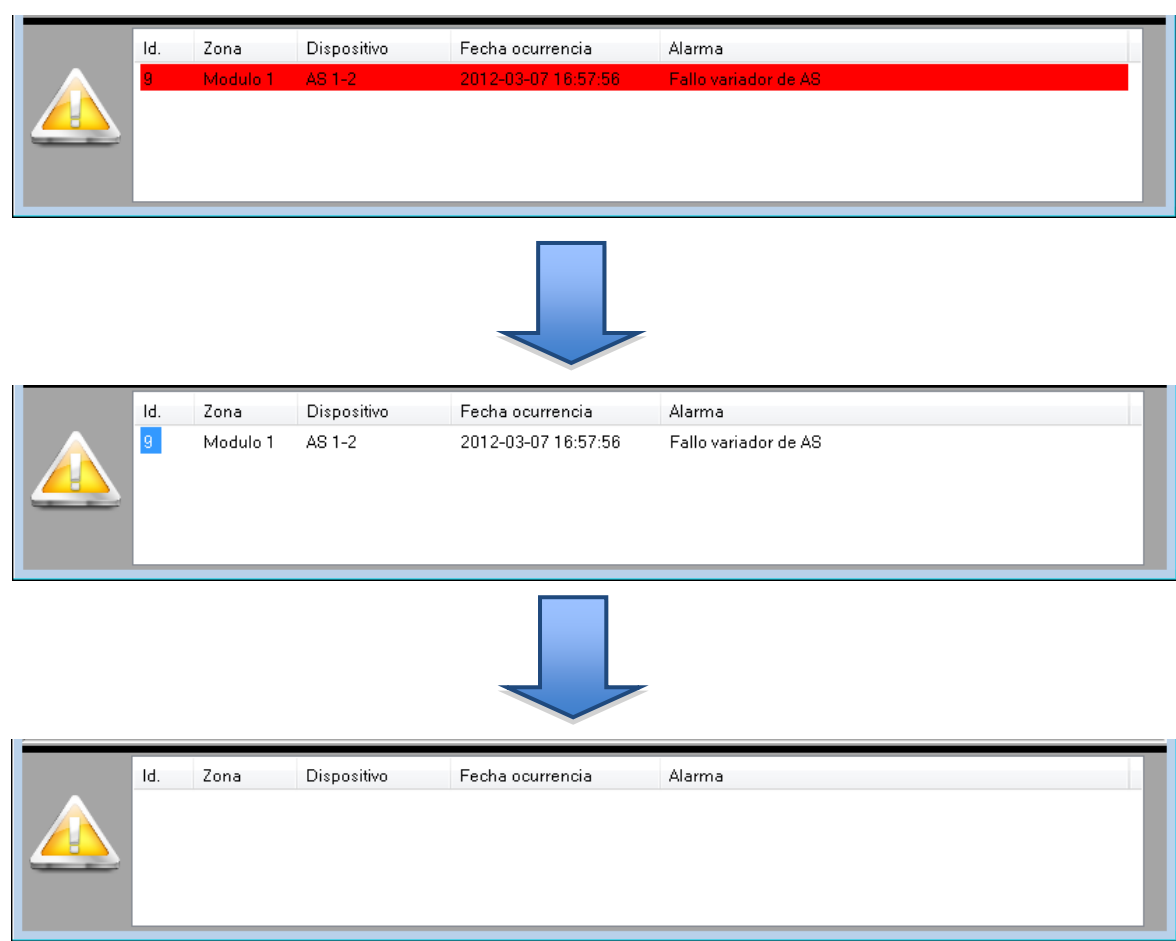
```
<Alarm>
  <Number>1</Number>
  <Zone>Modulo 1</Zone>
  <Device>AS 1-1</Device>
  <Signal>S7:[S7 connection_1]DB441,X70.7</Signal>
  <Description>Fallo variador de AS</Description>
  <ActivationValue>255</ActivationValue>
</Alarm>
```

Una vez dentro del programa, lo que se hace es crear una estructura de fallos tras leer todos los fallos disponibles del xml. Se hace uso de un hilo de comunicaciones el cual está de continuo recibiendo los datos de los fallos del PLC y guardándolos en un grupo de datos con la estructura anteriormente definida. Para no estar haciendo llamadas de continuo a esa estructura y así no saturar el proceso, se ha utilizado la función "OnDataChange" que detecta cualquier cambio en los datos y por tanto, detecta si se ha provocado alguna alarma nueva.

En el caso de que alguna alarma se active, se pasa a detectar cuál ha sido y mostrarla en la lista de alarmas de la pantalla con el fondo rojo. Para detectar que alarmas son nuevas y cuáles no, existe la opción de reconocer una alarma, de forma que no se borra de la lista pero el fondo pasa a ser blanco. En el caso de que salte el "OnDataChange" porque una alarma ha



pasado a estar inactiva, se borra la alarma correspondiente de la lista de alarmas de la pantalla.



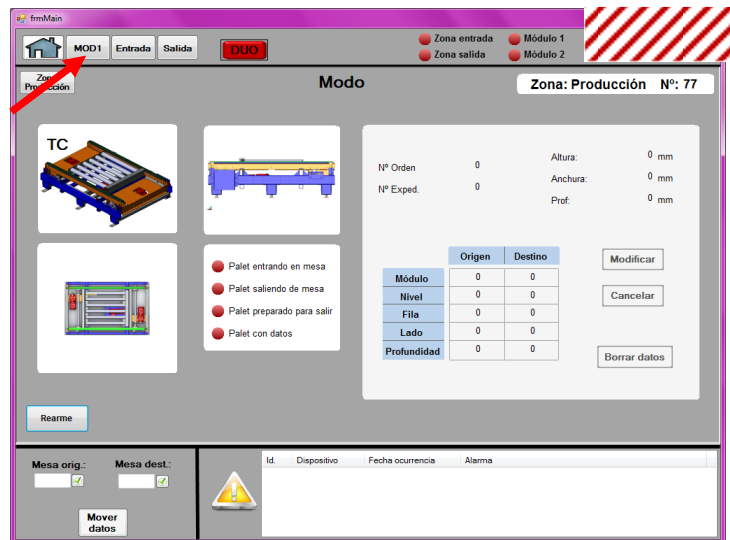
En el caso de que una máquina tenga algún fallo, se activará en la pantalla de la máquina un aviso de fallo arriba de la imagen.



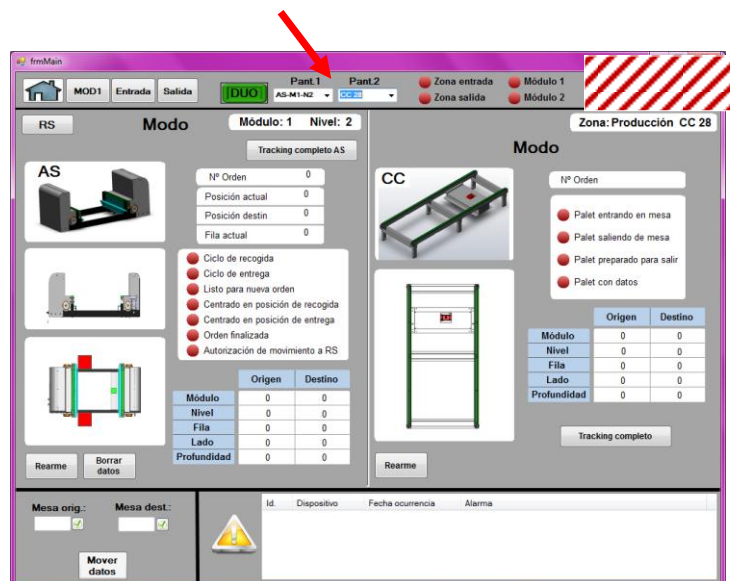
## 5. HMI V2

Tras desarrollar la primera versión del HMI, se observó que el sistema realmente iba muy lento y los tiempos de refresco de la pantalla eran incluso de algunos segundos. Por ello, se decidió desarrollar una nueva versión diferente. Se hicieron algunos cambios desde el punto de vista de las pantallas:

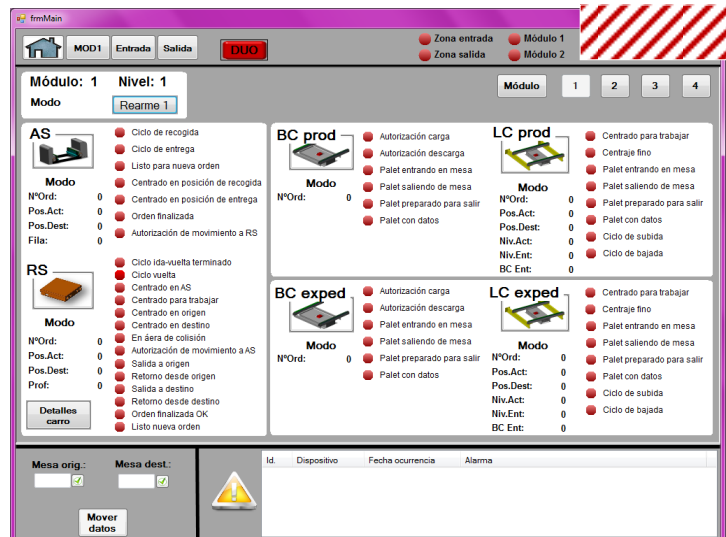
- Se pasó de utilizar controles sueltos en cada pantalla, a definir unos controles estándar a los que sólo se les tenía que pasar la variable. Por ejemplo, se añadió un control que consistía en un led con un texto. Simplemente, dependiendo de la variable si estaba a 1 o 0 se ponía el led en verde o rojo.
- Las pantallas antes planteadas consistían en una pantalla padre y la nueva pantalla que se abría era un hijo de la anterior. De esta forma, se permitía volver atrás fácilmente pero no se podían abrir otras pantallas directamente que no fueran el padre. En esta nueva versión, lo que se ha hecho es que todas las pantallas existentes son hijas de la pantalla principal, por lo que en cualquier momento podemos abrir otra pantalla totalmente independiente. Por ese motivo, ahora se han implementado unos botones arriba de la pantalla para poder acceder a las pantallas principales del HMI independientemente de qué pantalla esté abierta.



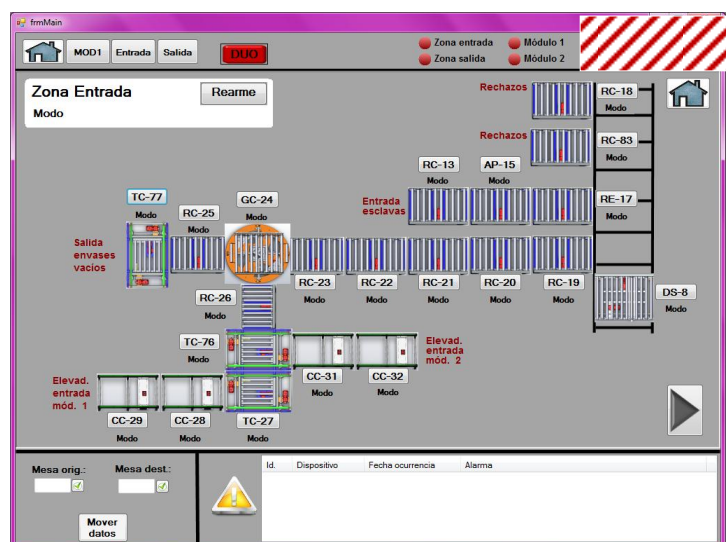
- Debido a que en ocasiones ayudaba el poder ver dos máquinas al mismo tiempo, se implementó esta opción. La pantalla pasa a estar dividida y se puede elegir para cada sector, que pantalla se quiere ver.



- Además de cambiar algo el diseño de las pantallas, se implementó la pantalla de nivel, a través de la cual se pueden observar los estados de todas las máquinas de un mismo nivel junto con los elevadores.



Aparte, en la zona de entrada se ha cambiado el layout debido a que es lo que se ha ido implementando en la instalación desde la primera versión del HMI.



A nivel interno del programa se han hecho bastante más cambios. En primer lugar, se ha dejado de utilizar una comunicación TCP para pasar a utilizar una UDP. Como ya se dijo anteriormente, el UDP tiene como principal ventaja que la comunicación con el PLC es mucho más rápida ya que al utilizar una comunicación por paquetes en vez de por circuito hace que no obligue a estar de continuo conectado a no ser que haya envío de datos, pero como desventaja el programa no tiene la seguridad de que reciba el mensaje. Esto último se ha conseguido solucionar con una función que se explicará más adelante.

Desde el punto de vista de las comunicaciones, se ha conseguido prescindir de un OPC Server. De esta forma, el HMI se hace independiente de la marca del PLC que se utilice y se ahorra en costes de licencias para el OPC Server. El PLC envía por un determinado puerto los diferentes

mensajes a través del protocolo UDP a una determinada IP. Desde el HMI lo que se hace es abrir un socket por el mismo puerto por el que envía el PLC los datos.

En un principio se planteó utilizar el propio temporizador de cada pantalla para cargar los datos que llegaban del socket, pero se acababa teniendo una cola de mensajes almacenados que hacían que los mensajes llegasen con retraso. Para solucionarlo, lo que se acabó haciendo es abrir un proceso hijo al principio del programa, y es desde ese proceso donde, con un bucle continuo, se carga la información que llega por el socket y la guarda en una estructura con todos los datos actualizados. De esta forma, cuando el programa cargue una pantalla, ya no se tendrá que cargar los datos desde el PLC. Lo único que habrá que hacer es buscar los datos referentes a la pantalla dentro de la estructura antes almacenada y que estará ya con los datos actualizados.

Dentro de esa estructura existen cuatro subestructuras, por tanto estará compuesta de cuatro colecciones de estructuras: una referente a todas las máquinas de la instalación, otra a los tipos de acciones que se pueden aplicar a las máquinas, otra con todos los fallos y otra con los tipos de PLCs y sus datos propios.

Para definir las se hace uso de un archivo Excel donde se insertan todos los datos. En el caso de cada máquina se introduce su ID, zona y subzona y otros campos como el Offset que hace referencia al puntero a partir del cual los datos que se reciban pertenecerán a esa máquina. Existirá también una tabla para cada PLC, su ID y su IP, otra con las acciones y el número que las identifica, y otra con los fallos, su ID, a qué máquina pertenecen y otros datos. A partir de ese fichero se crea un .xml para que el programa del HMI lo pueda leer. Esto se ha hecho así, para evitar tener que tocar el programa a la hora de cambiar algún dato y solo tener que cambiar el dato en la tabla. A la hora de crear el xml, dependiendo del tipo de dato se le adjudica un identificador para poder distinguir entre fallos, máquinas, PLCs y acciones.

ID	Type	NumType	Name	Zone	SubZone	PLC_ID	PLC_Offset	PLC_Leng	MovTracking	Offset_fault_maq	BitOffs
42	AS	1	AS-M1-N1	1	1	1	0	50	No	10	
43	AS	1	AS-M1-N2	1	2	1	100	50	No	15	
44	AS	1	AS-M1-N3	1	3	1	150	50	No	20	
45	AS	1	AS-M1-N4	1	4	1	200	50	No	25	
46	RS	2	RS-M1-N1	1	1	1	0	50	No	10	
47	RS	2	RS-M1-N2	1	2	1	50	50	No	15	
48	RS	2	RS-M1-N3	1	3	1	100	50	No	20	
49	RS	2	RS-M1-N4	1	4	1	150	50	No	25	
34	BC Ent	12	BC Ent M1-N1	1	1	1	0	50	Si	10	
35	BC Ent	12	BC Ent M1-N2	1	2	1	50	50	Si	15	
36	BC Ent	12	BC Ent M1-N3	1	3	1	100	50	Si	20	
37	BC Ent	12	BC Ent M1-N4	1	4	1	150	50	Si	25	
58	BC Sal	12	BC Sal M1-N1	1	1	1	200	50	Si	30	
59	BC Sal	12	BC Sal M1-N2	1	2	1	250	50	Si	35	
60	BC Sal	12	BC Sal M1-N3	1	3	1	300	50	Si	40	
61	BC Sal	12	BC Sal M1-N4	1	4	1	350	50	Si	45	
30	LC	8	LC Ent M1	3	1	1	0	50	No	10	
66	LC	8	LC Sal M1	4	1	1	50	50	No	15	
20	Zona	13	Zona Produccion	3	0	3	8	2	No		
30	Zona	13	Zona Expedicion	4	1	4	8	2	No		
21	Zona	13	Nivel 1	1	1	1	8	2	No		
22	Zona	13	Nivel 2	1	2	1	8	2	No		
23	Zona	13	Nivel 3	1	3	1	8	2	No		
24	Zona	13	Nivel 4	1	4	1	8	2	No		



```

<PLC>
  <ID>1</ID>
  <Name>PLC1</Name>
  <IP>10.172.1.110</IP>
  <DataLength>2000</DataLength>
  <OffsetFaults>200</OffsetFaults>
</PLC>
Fallos>
  <ID>169</ID>
  <Machine>RC 11</Machine>
  <Type>ConvQuad</Type>
  <Zone>3</Zone>
  <SubZone>0</SubZone>
  <ID_Type>2</ID_Type>
  <Fallo>Timeout en el motor de la mesa</Fallo>
  <PLC_ID>3</PLC_ID>
</Fallos>
<Machine>
  <ID>11</ID>
  <Type>ConvQuad</Type>
  <NumType>4</NumType>
  <Name>RC 11</Name>
  <Zone>3</Zone>
  <SubZone>0</SubZone>
  <PLC_ID>3</PLC_ID>
  <PLC_Offset>458</PLC_Offset>
  <PLC_Leng>56</PLC_Leng>
  <MovTracking>No</MovTracking>
  <Offset_fault_maq>52</Offset_fault_maq>
  <BitOffset_fault>1</BitOffset_fault>
</Machine>
<Accion>
  <NumAction>3</NumAction>
  <Action>Rearme</Action>
</Accion>

```

Al principio del programa lo que se hace es leer el xml y crear las diferentes estructuras y juntarlas en una colectiva que se denominará “inst”. Para el caso de las máquinas, además se hará de forma distinta.

En un principio tenemos una clase denominada “TypeMaq” y que contiene todas las propiedades comunes a todas las máquinas. A partir de ahí, se han creado las diferentes clases para cada tipo de máquina (debido a que cada una tiene su estructura de datos propios) y que

a su vez heredan las propiedades de TypeMq. Cada una de estas clases contiene un proceso en el que se define el tipo de estructura que tendrán en el mensaje que llegará. A continuación, se expone como ejemplo la clase definida para las mesas de rodillos y cadenas, que al ser común su estructura, se han juntado en una clase definida como “TypeConv”. Al principio de la clase se define la herencia, las propiedades propias de la clase y a continuación los dos procesos de la clase. El primero sirve para definir los datos iniciales de la clase y el segundo para hacer la lectura de datos cuando llegue un mensaje del socket.

```
Public Class TypeConv
    Inherits TypeMq

    ' Status
    Public Property PalletExiting As Boolean
    Public Property PalletEntering As Boolean
    Public Property ReadyToExit As Boolean
    Public Property WithData As Boolean

    ' Inputs
    Public Property I_MainPres As Boolean
    Public Property I_FrontPallet As Boolean
    Public Property I_BackPallet As Boolean

    ' Outputs
    Public Property Q_MoveForw As Boolean
    Public Property Q_MoveBack As Boolean
    Public Property Q_GralFault As Boolean

    Public Sub New(ByVal vID As Integer,
        ByVal vType As String,
        ByVal vNumType As Integer,
        ByVal vName As String,
        ByVal vZone As Integer,
        ByVal vSubZone As Integer,
        ByVal vPLC_ID As Integer,
        ByVal vPLCOffset As Integer,
        ByVal vPLCNBytes As Integer,
        ByVal vOffset_fault_maq As Integer,
        ByVal vBitOffset_fault As Integer,
        ByVal vMovTrack As String)
        MyBase.New(vID, vType, vNumType, vName, vZone, vSubZone, vPLC_ID,
            vPLCOffset, vPLCNBytes, vMovTrack)
        Offset_fault_maq = vOffset_fault_maq
        BitOffsetFault = vBitOffset_fault
    End Sub
End Class
```



```

End Sub

Public Overrides Sub LoadData(ByVal p As TypePLC, ByVal buffer() As Byte)
    Dim offs As Integer
    If buffer.Length >= PLC_Offset + PLC_NBytes Then
        offs = PLC_Offset
        offs = offs + 18
        p.Take8BitsShift(offs, buffer, 0, I_FrontPallet, I_BackPallet, 0,
            0, 0, 0, 0)
        offs = offs + 1
        p.Take8BitsShift(offs, buffer, Q_MoveForw, Q_MoveBack, 0, 0, 0, 0,
            0, 0)
        offs = offs + 25
        p.Take8BitsShift(offs, buffer, PalletEntering, PalletExiting, 0, 0,
            0, 0, 0, 0)
        offs = offs + 3
        p.Take8BitsShift(offs, buffer, SemiManual, SemiAutomatic, 0, 0, 0,
            0, 0, 0)
        offs = offs + 1
        p.Take8BitsShift(offs, buffer, Q_GralFault, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
        offs = offs + 1
        p.Take8BitsShift(offs, buffer, Automatic, Manual, Stopped, 0,
            WithData, ReadyToExit, 0, 0)
        p.Take8BitsShift(offs, buffer, 0, Not I_MainPres, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
        DataOK = True
    Else
        ComError = True
        'Stop
    End If
End Sub

End Class

```

De esta forma cuando se lee el xml, para crear la colección “Machines” dentro de “Inst”, no sólo se busca por la denominación “machine” dentro del xml, sino también por el tipo de máquina para así poder cargar una clase u otra. Cada vez que se inicializa cada clase, se inicializa las variables necesarias hasta terminar de crear la clase “inst”.

Una vez hecho esto, se debe proceder a la lectura de datos del PLC que se hará por medio del proceso hijo (thread) y el socket, explicado anteriormente. Dentro del thread, existe un bucle “infinito” en el que llega los datos en forma de cadena de bytes. Debido a que las zonas del almacén están dominadas por PLCs distintos y cada uno envía los datos de su zona, basta con reconocer la IP desde donde se reciben los datos para reconocer la zona que llega.

A su vez dentro de cada zona, existen dos tipos de mensajes: uno referente a los trackings de las máquinas y otro al resto de los datos. Para reconocer todo esto, el mensaje se envía con una cabecera con la siguiente estructura:

- Número de telegrama: Se utiliza para comprobar que no lleguen desordenados los mensajes.
- Tipo de mensaje: “1” para los datos de los estados de las máquinas y “2” para los mensajes de tracking.
- Zona: “1” si es del módulo 1, “2” del módulo 2, “3” de la zona de producción y “4” de la zona de expedición.
- Subzona: en el caso de los módulos serán los niveles y en el de producción y expedición depende de cómo se haya decidido.

Seguidamente le siguen los datos de zona y después, de cada máquina. Se busca las máquinas que están incluidas en esa zona y subzona, y por tanto en el mensaje, y se guardan sus datos en la parte de la estructura “inst” determinada.

A su vez, también se guardará el estado de los fallos. La forma de reconocer los fallos también se ha simplificado. Simplemente nos guiamos por dos variables: la del estado del fallo (activo o no) y si se ha reconocido o no (acknowledge).

Solo se activa el “acknowledge” si pasa un fallo de estar no activo a activo. En este caso se activa una variable (a nivel de PLC) para que se actualice la lista de fallos de la pantalla. El acknowledge se desactiva en el caso que alguien pinche sobre el fallo en la pantalla (el fallo pasa de estar rojo a blanco), y sirve para que si se vuelve a actualizar la lista de fallos, no se vuelva a pintar con el fondo rojo. En el momento que un fallo pasa de estar activo a no activo, se vuelve a activar la variable del PLC para volver a actualizar la lista. Esto se hizo así ya que realmente no se están activando y desactivando fallos de continuo, ya que no tiene porqué haber prácticamente fallos en la instalación.

En cuanto a los datos de cada pantalla, lo único que se le pasan al cargarla, son los datos necesarios para poder reconocer la estructura de datos en “inst” y poder así, mostrar los datos actualizados.

Para reconocer si los datos llegan o no, se ha añadido una rutina nueva marcada por un timer (se debe ajustar el timer con el tiempo de envío) que se encuentra en la pantalla principal. Cada PLC tiene una variable llamada “CommWatch” y que se activa cuando le llegan datos. En esta rutina lo que se hace es comprobar el estado esta variable para cada PLC. Si esta a “True” se pone a “False”. Si todo estuviera correcto, el PLC volvería a enviar datos, y por tanto la variable se volvería a poner a “True” y la rutina la volvería a desactivar y se pondría otra variable llamada “CommOK” a “True” representando que han llegado bien los datos. Si al entrar en la rutina, la variable “CommWatch” está a “False” significa que entre salto y salto del timer no se han recibido datos de ese PLCs y por tanto, los datos de las máquinas referentes a él, no están actualizados, y por tanto se pondrá el “CommOK” a “False”. Para ver esto por pantalla, se han añadido arriba de la página principal unos leds, que representan el estado de la variable “CommOK” de cada PLC en todo momento.



Otro aspecto que se tuvo que cambiar es el envío de órdenes, como la de resetear los fallos. Lo que se planteó es el desarrollo de otra estructura de datos como la que se recibe, en la que los datos que se envían son los siguientes:

- Número de telegrama: Independiente del número de telegrama que se recibe.
- ID de la máquina sobre la que queremos realizar la orden
- Zona
- Subzona
- Tipo de acción: Dependiendo de si se quiere borrar los datos, o resetear o escribir tracking, se envía un número diferente según la acción.

Para ello, lo único que se tiene que hacer es determinar la estructura en bytes que se va a enviar y hacerlo por el mismo socket que se utiliza para recibir información.

Por último, se tuvo que añadir varias funciones referentes al tipo de dato que se enviaba o recibía, ya que la cadena que llega por el socket viene en forma de bytes, y dentro de cada máquina, hay datos desde tipo booleano a doble entero.

Con todos estos cambios, se ha conseguido un HMI bastante más eficiente al que se tenía con anterioridad, ya que al añadirle más controles a la pantalla y hacer uso de un thread para la carga de datos, se ha conseguido tener unas pantallas con más funcionalidad y con un tiempo de refresco mucho más rápido, evitando que los propios controles de la pantalla se queden bloqueados mientras que carga la información del PLC.



## 6. Pantallas OP

Debido a que desde el HMI se decidió no incluir los movimientos manuales de las máquinas para evitar que alguien que no estuviera en la instalación tuviera control sobre ellas (ya que al HMI se accede por medio de un escritorio remoto), se implementó unas pantallas denominadas OP distribuidas por la instalación para dicha función. Para ello se usó las KTP400 Comfort de Siemens que consisten en una pantalla táctil a color con cuatro botones.

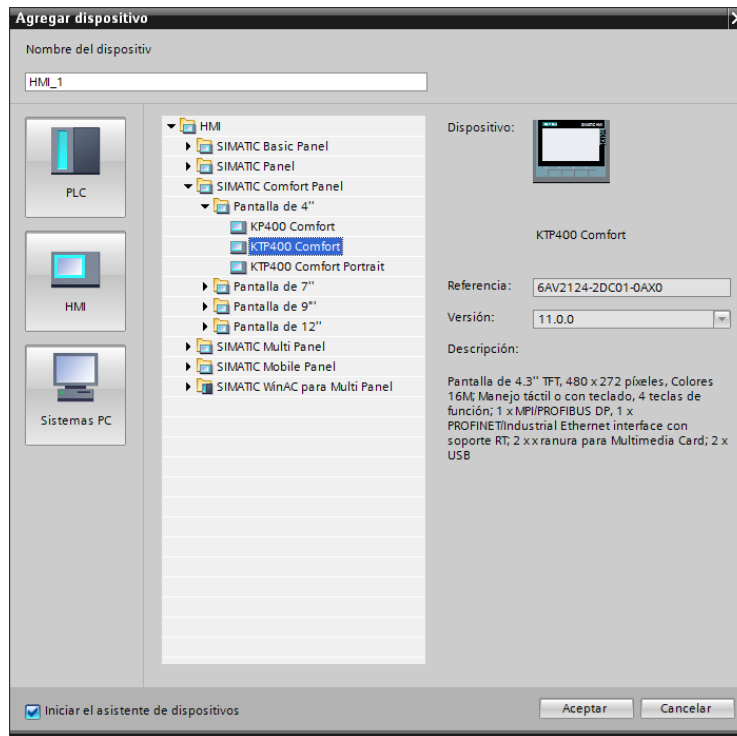
Ahora mismo, las pantallas que se han configurado son las de cada nivel del módulo 1, la zona de entrada (sólo con las primeras cuatro mesas que se montaron de forma provisional) y la zona de salida del módulo 1, ya que la instalación todavía no está finalizada.

Las pantallas de cada nivel están montadas en el propio carro AS por seguridad, ya que para poder acceder al carro del nivel, hay que abrir una puerta que al abrirse obliga al carro a ponerse en manual. Además, la velocidad que obtiene el carro en manual es mucho menor que en automático.

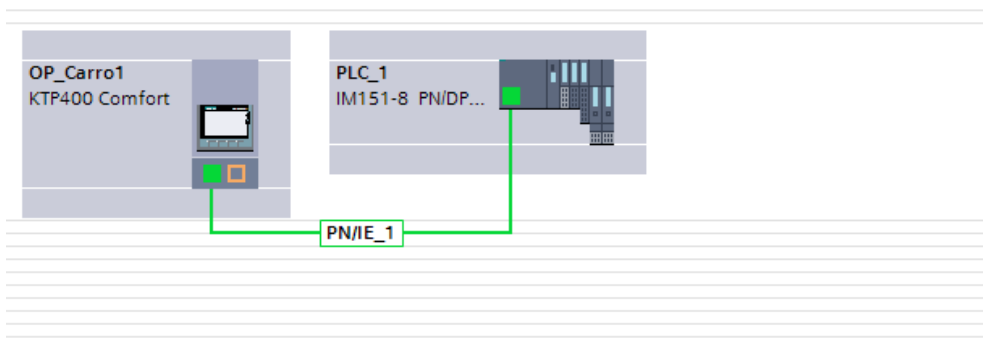
Las pantallas de entrada y salida están montadas en la propia barrera de seguridad de la instalación, para evitar tener que entrar en la zona de mesas, ya que una mesa puede estar en manual pero otra en automático y podría provocar algún accidente.

Para que sean más precisos los movimientos, estos se hacen haciendo uso de los botones de la OP, mientras que los botones táctiles se utilizan para funciones como ir a una pantalla concreta, borrar datos o reseteo de una máquina.

Para la configuración de las pantallas se ha hecho uso del software propio de Siemens, el TIA Portal. Una vez que se crea el proyecto, se deben de añadir los dispositivos que se van a utilizar. En este caso, se debe añadir la KTP400 y el PLC que se ha utilizado.

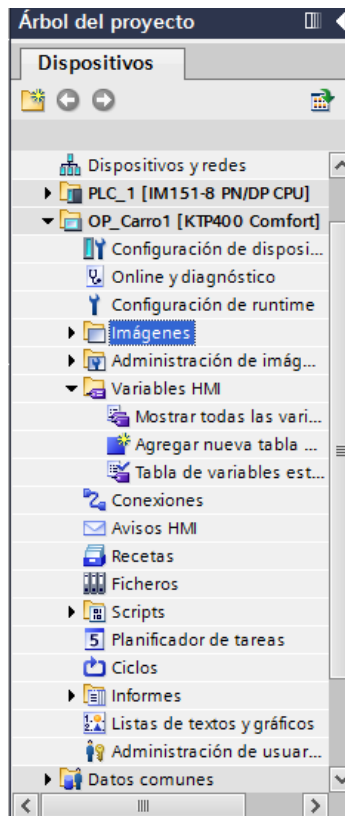


Para crear la conexión, pinchando en “dispositivos y redes” se deben arrastrar con el ratón desde el puerto deseado de la OP hasta el PLC:



Además, se debe configurar las direcciones de cada uno de los dispositivos (mismo rango de IP) y tipo de comunicación, que en este caso es Ethernet. Una vez hecho esto, en este caso del PLC no hay que configurar nada más.

Si abrimos las opciones de la OP tendremos lo siguiente:



Desde la opción de “Variables HMI” se puede crear una tabla con las variables que se van a utilizar. En este caso por defecto, se enlazarán con el PLC que se ha insertado.

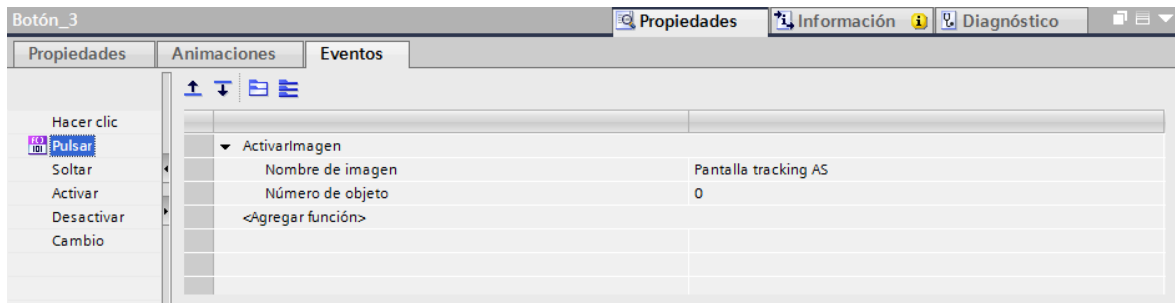
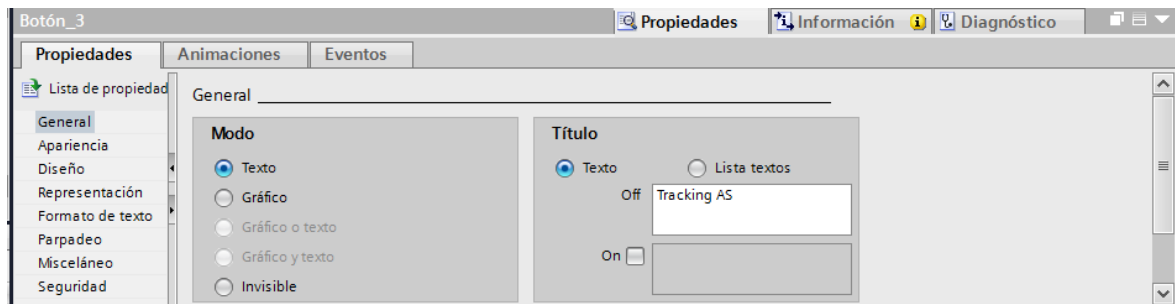
Escurs HMI-OP CarroN1.5 ▶ OP\_Carro1 [KTP400 Comfort] ▶ Variables HMI ▶ Tabla de variables estándar [99]

Variables HMI Variables de sistema

Tabla de variables estándar

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre ...	Variab...	Dirección
AS_Altura	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW32
AS_DeleteData	Tabla de variables estándar	Bool	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%M81.1
AS_Entrada_BC1	Tabla de variables estándar	Bool	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBX30.5
AS_Entrada_BC2	Tabla de variables estándar	Bool	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBX30.7
AS_faults	Tabla de variables estándar	Array [0..1] of Word	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBX70.0
AS_fila_actual	Tabla de variables estándar	Byte	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBB57
AS_Fila_Dest	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW20
AS_Fila_Orig	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW6
AS_Half_Palet	Tabla de variables estándar	Bool	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBX30.4
AS_In_Order	Tabla de variables estándar	Bool	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBX30.0
AS_Lado_Dest	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW22
AS_Lado_Orig	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW8
AS_Loop_Dest	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW14
AS_Loop_Orig	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW0
AS_Modulo_Dest	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW16
AS_Modulo_Orig	Tabla de variables estándar	Int	Conexion_HMI...	PLC_1	<No d...	%DB101.DBW2

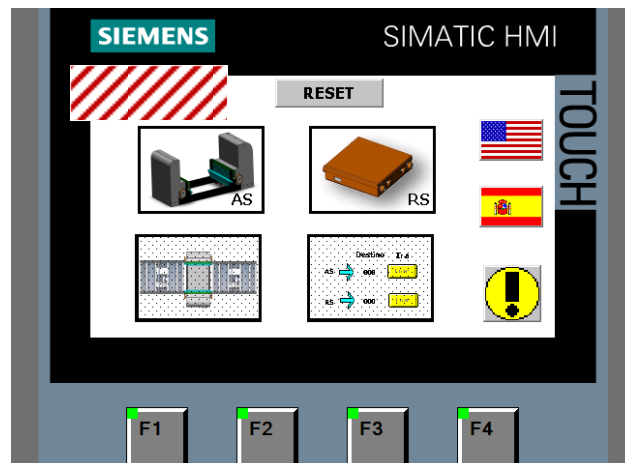
Desde la opción de “Imágenes” es desde donde se puede ir diseñando las diferentes pantallas. Los controles que se pueden introducir están en la derecha de la pantalla y las opciones aplicables aparecen en la parte inferior de ella.



De esta forma se irán diseñando las diferentes imágenes con sus diferentes funcionalidades.

## OP del carro

Al iniciar el programa, la primera pantalla que se enciende es la siguiente:

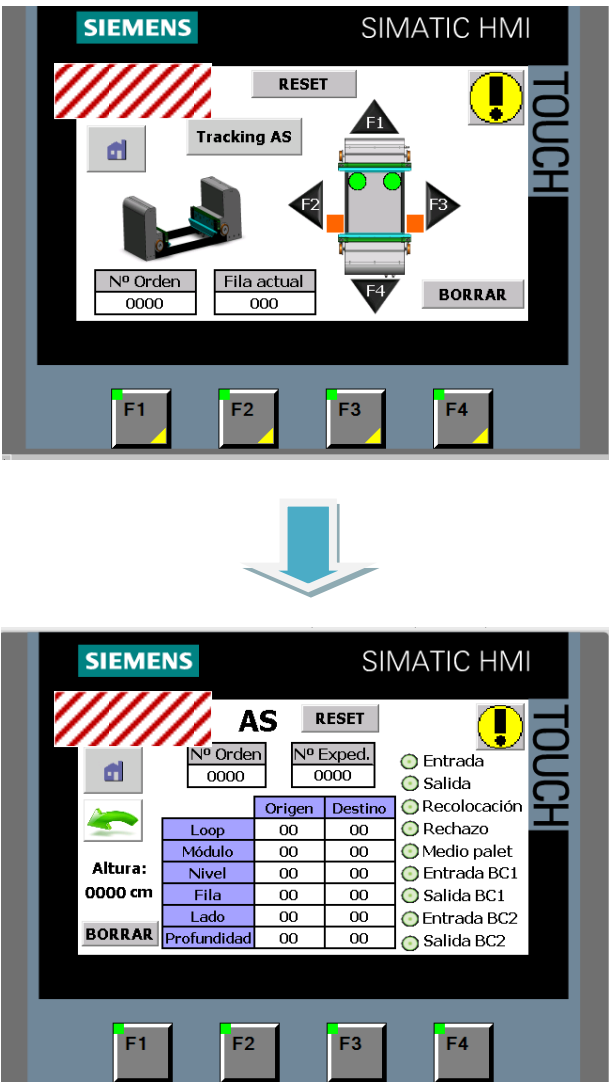


Desde ella se accede a las pantallas del AS, RS, descarga con las BC, la opción para ir a una posición determinada y la pantalla de alarmas. Además, también se tiene la opción de poder cambiar el idioma del texto de las pantallas. Todos estos controles serán táctiles en la propia pantalla.

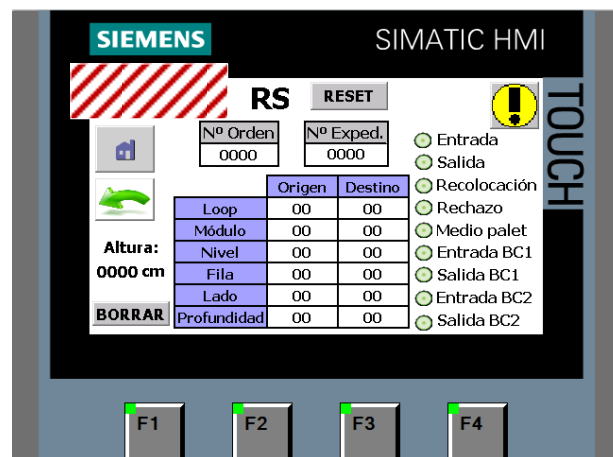
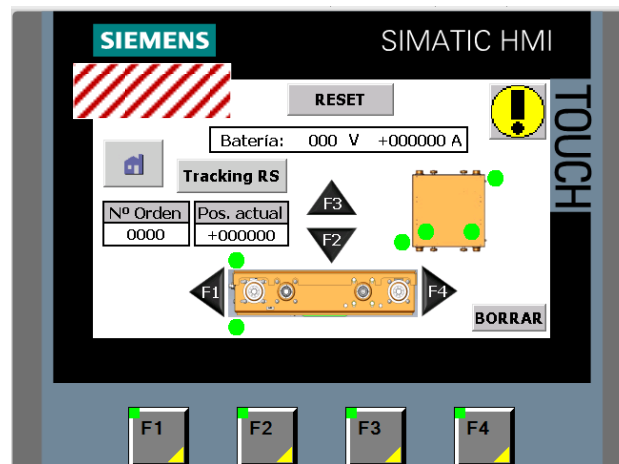
Seleccionando en AS se va a la siguiente pantalla desde donde se puede controlar los movimientos del AS así como poder ver las presencias que tiene, el número de orden y la fila



actual. Además también se puede resetear el carro y acceder a la pantalla del tracking del AS donde se puede ver su tracking completo.

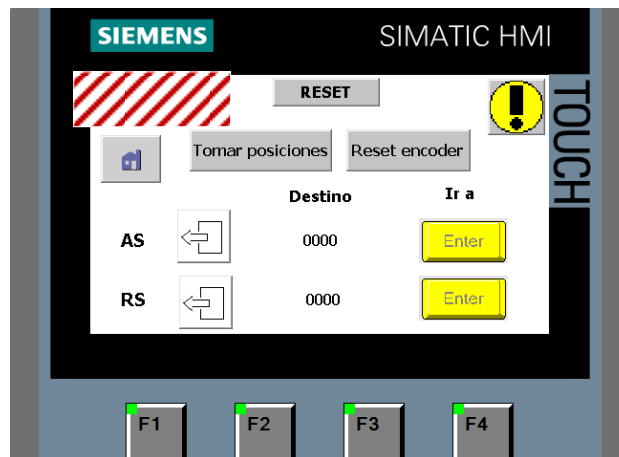


Para el RS, también está la pantalla diseñada para poder mover el carro, ver sus presencia, número de orden y posición actual, a la vez que se puede acceder a través de ella, a la pantalla de tracking propia del RS.

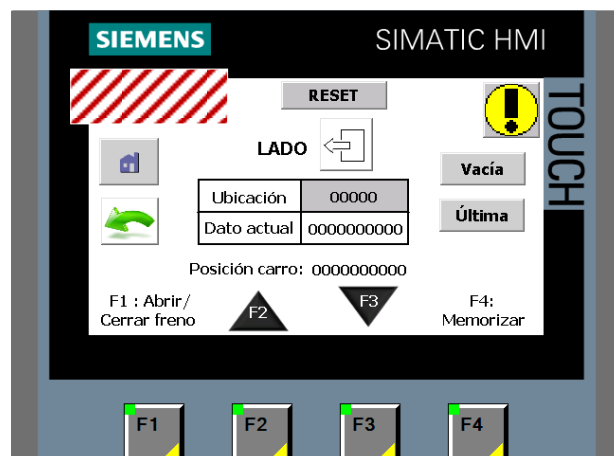


Como se ha explicado con anterioridad, todos los movimientos se configuran en los cuatro botones de los que dispone la pantalla para que sean más precisos.

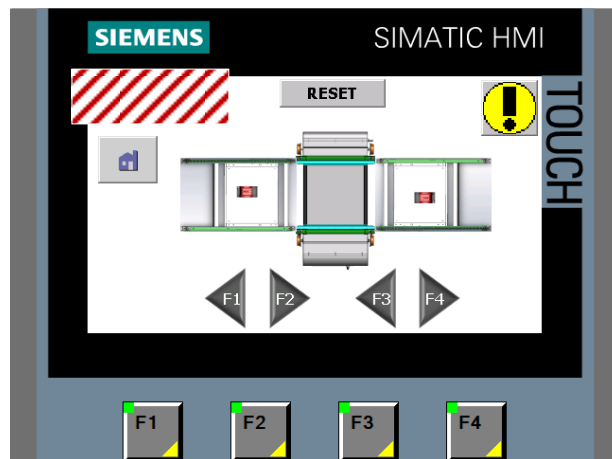
La siguiente pantalla se utiliza para ir a una posición concreta ya sea con el AS como con el RS. Para ello no solo se debe de introducir el valor del destino, sino que se debe seleccionar hacia que lado se quiere que el carro se centre.



Si se pulsa el botón de “Tomar posiciones”, aparece la siguiente pantalla. Ésta se utiliza para grabar los diferentes valores del encóder del carro para cada fila. También incluye los controles para mover el AS hacia adelante y hacia atrás, así como la opción de quitar y poner el freno al carro, para poder moverlo con comodidad sin tener que estar volviendo a la pantalla del AS.



Desde el menú de inicio, además se puede acceder a la pantalla de carga y descarga de las BC, que incluirá los controles para poder mover las cadenas del carro AS y de la Bc correspondiente a la vez.



Por último estará la pantalla de alarmas, en la que se encuentra la lista de fallos donde irán apareciendo los distintos fallos del carro cuando sucedan. Estos fallos se deben de haber incluido en la tabla de variables y definirlos dentro de “Avisos”.



Debido a que cada carro tiene un PLC para definir sus movimientos pero el programa es común entre niveles, lo único que hay que cambiar en el programa entre un nivel y otro son las direcciones IP de la OP y del PLC del carro.

## OP de entrada

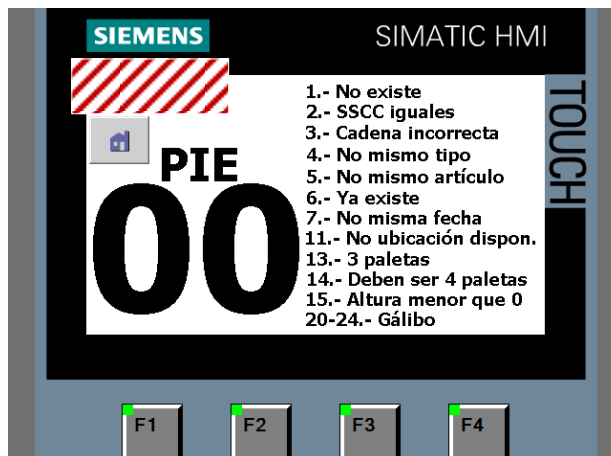
Esta pantalla es la propia de la zona de producción que se puso provisional hasta que se instalasen todas las mesas de entrada de la instalación. En esta zona a parte de las mesas propias de la zona, se incluye un gálibo de entrada cuya función es tomar las medidas y estado del palet y cuatro escaners que deben analizar la etiqueta del producto para asignarle una

localización en el almacén. Además, está el elevador de entrada para poder subir los diferentes palets a los niveles correspondientes.

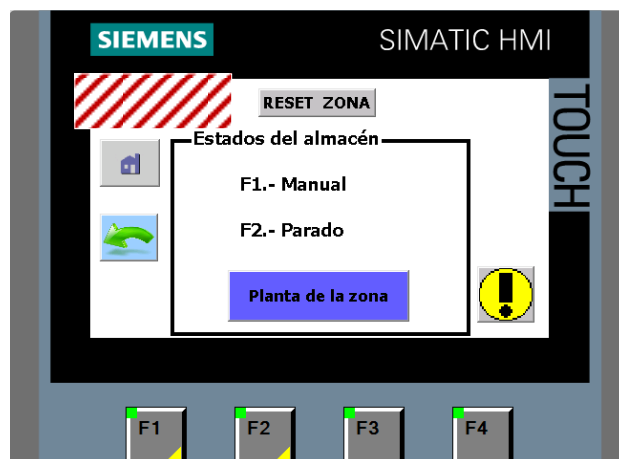
La pantalla de inicio es similar a la del carro en diseño. En este caso los botones serán para acceder a las pantallas del PIE (Punto de Identificación de Entrada), la planta de la zona, los estados del almacén y la pantalla de alarmas. Además también tiene la posibilidad de cambiar el idioma entre español e inglés.



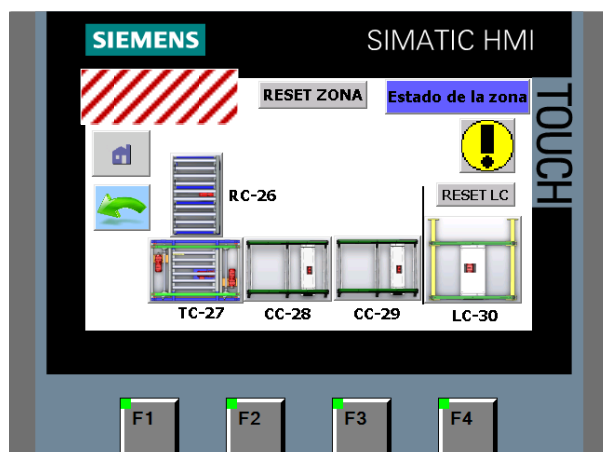
En la pantalla del PIE principalmente se puede ver si hay algún error con las dimensiones del palet o su etiqueta. Si no lo hay, el número que se indica será un "0", mientras que si lo hay, hay que localizar el número que se indique en la lista de la derecha.



En el último momento se decidió implementar la pantalla siguiente, la de estado del almacén. Ésta se puso para poder poner cómodamente todo el almacén en manual o parado sin tener que acudir a ninguna seta. Esto no se implementó en el HMI simplemente por seguridad. Desde ella se pone en el estado deseado, tanto la zona de entrada, salida como todos los niveles del módulo.



Al pulsar el botón de planta, aparecerá la siguiente pantalla con todas las mesas de la zona. Si se pulsa sobre cualquiera de las mesas, se accede a la su pantalla propia. Además, también se puede acceder a la pantalla de estados de la zona.

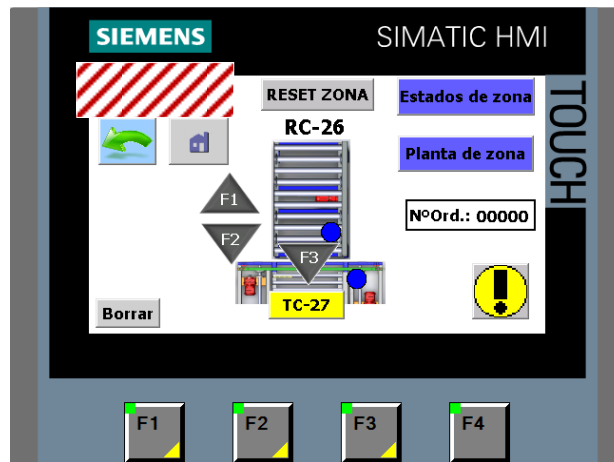


La pantalla de estados de la zona es similar a la de estados del almacén, pero se le suma la opción de poner la zona en automático. Para confirmar el estado en el que está la zona, el estado activo se pondrá en verde y el estado que no lo esté estará en rojo.

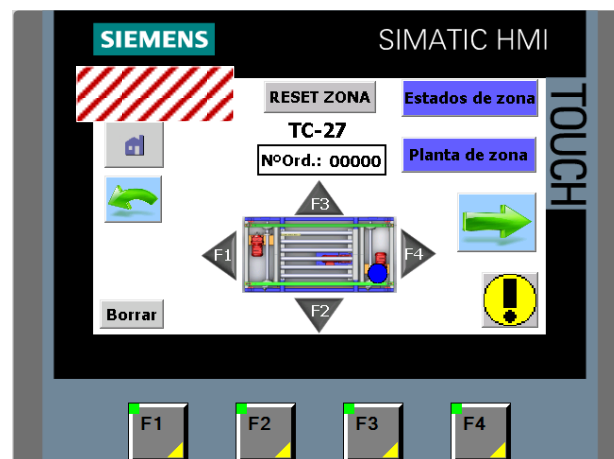


La primera mesa de la zona es la mesa de rodillos RC-26. Desde su pantalla, se puede ver la orden que tiene, si tiene presencia principal. También se pueden mover los rodillos hacia

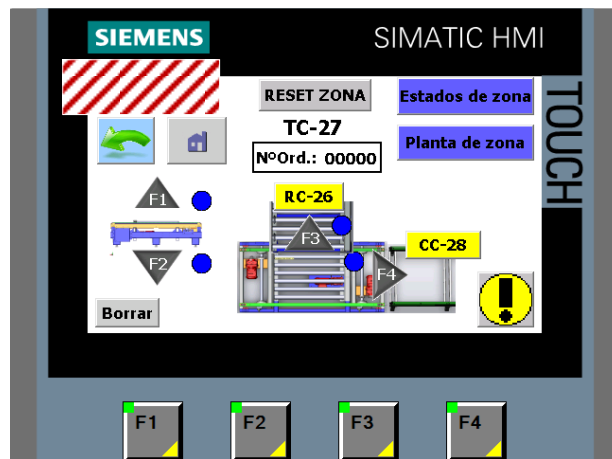
adelante y atrás y mover a la vez esta y la siguiente mesa para así poder pasar un palet de una a otra con comodidad.



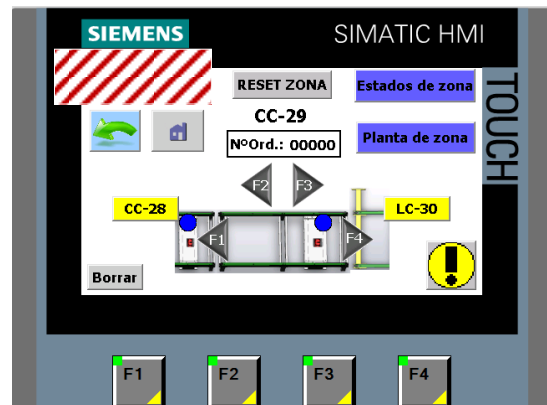
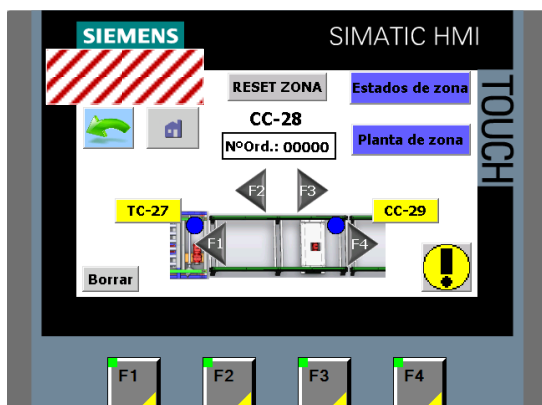
En este caso, la siguiente mesa es la TC-27. Debido a que permite hasta seis movimientos, se diseñó dos pantallas para la mesa. En la primera se pueden mover los rodillos hacia adelante y hacia atrás y lo mismo con las cadenas.



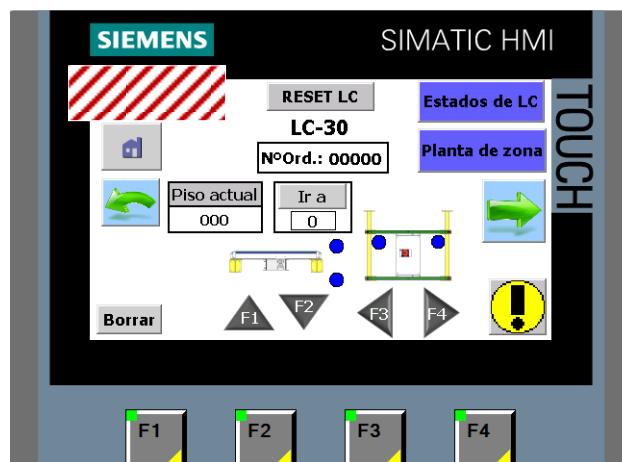
En la segunda pantalla de la TC se puede mover la mesa hacia arriba y abajo y pasar el palet tanto a la siguiente como a la anterior mesa.



Las siguientes mesas son dos mesas de cadenas y que tendrán la misma funcionalidad que las anteriores.

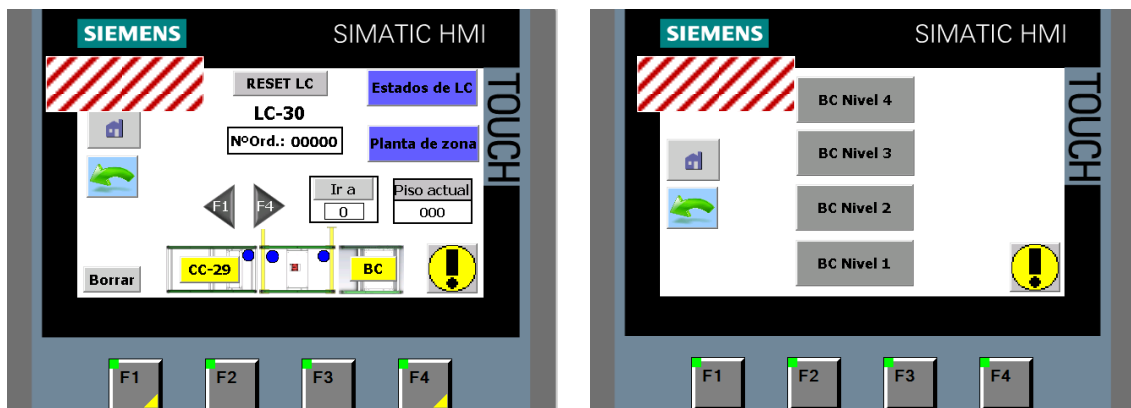


Por último, esta el elevador. Al igual que en la TC se han diseñado más de una pantalla para él. En una primera pantalla se puede controlar los movimientos básicos del elevador, tanto para el motor de elevación como para el de cadenas.

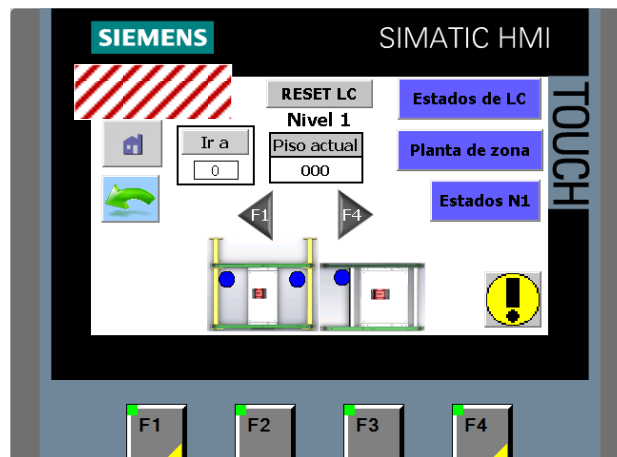


La segunda pantalla del elevador sirve para controlar la carga y descarga en él. Debido a que las siguientes mesas son las BC de cada nivel, para poder pasar el palet del elevador a una BC, habrá que llevar el elevador hasta el nivel correspondiente y seleccionar la BC correspondiente





Una vez seleccionada la BC del nivel correspondiente, la carga y descarga del palet se hará de la misma forma que las anteriores mesas.

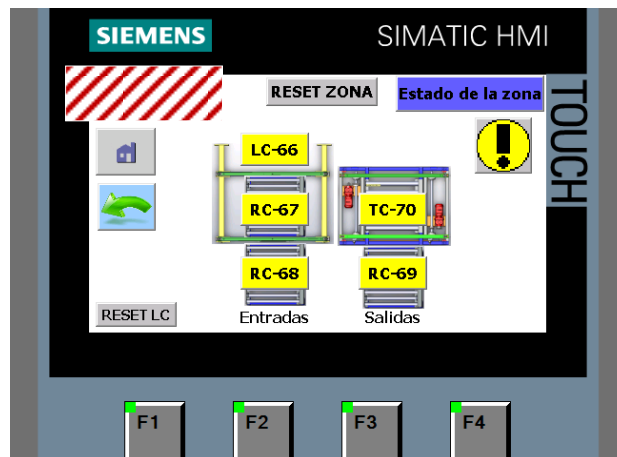


Por último, el diseño de la pantalla de alarmas será igual a la que tienen las OP de los carros.

## OP de salida

La OP de salida tiene un diseño similar al de entrada, ya que al admitir también entradas contiene también un PIE, se puede cambiar el estado de la zona así como el del almacén y tiene una pantalla de alarmas para sus propios avisos.

La única diferencia que se puede observar es la planta de la zona con una distribución diferente de mesas.



Por lo demás, el manejo de pantallas es totalmente similar cambiando la parte de la pantalla de cada mesa referente a la carga y descarga del palet.

Para terminar, se debe indicar que el diseño de la OP de la zona de entrada y salida son provisionales ya que la instalación todavía está en desarrollo y no están montadas todas las mesas en su totalidad, por lo que en un futuro habrá que modificarlas cuando se coloque por completo tanto la zona de producción como la de expedición, que incluirá mesas como una giratoria, una apiladora de palets y un remontador destinado a remontar medias paletas.

## 7. Conclusiones y trabajos futuros

Respecto al HMI de la instalación completa, la idea inicial de usar TCP como protocolo de comunicaciones en un principio no planteaba ningún problema, excepto por el tiempo que había que dedicar para escribir el programa, en especial la parte referente a la carga de variables. Para cargar una sola estructura, primeramente había que definir las variables de las que componía, asignarle un espacio de memoria a cada variable y después hacer su lectura. Esto último, por cada variable implicaba seis líneas de código a lo que había que sumarle las líneas de código para determinar la comunicación y el grupo, por lo que a medida que se iban sumando máquinas y por tanto, variables, el código se iba haciendo cada vez más largo y el programa más lento, lo que no se había tenido en cuenta a la hora de plantear este tipo de comunicación. Además, no hay que olvidar que como complemento a este HMI, se debía instalar un OPC Server, del cual había que determinar su configuración la cual había que implementarla en todos los equipos donde se ejecutase el HMI.

Tras desarrollar la segunda versión basada en el protocolo de comunicaciones UDP y con algunas reformas en el diseño de pantallas, se consiguió ganar en velocidad, ya que aunque esté la carga de datos en un proceso aparte (thread), estos llegan a tal velocidad que no habría problema en insertarlo en el mismo proceso que el encargado en cargar las diferentes pantallas. Debido a que este último proceso está sujeto a un temporizador y hacía que se produjese colas en los mensajes del socket, se acabó optando por utilizar un hilo destinado a la carga de datos. Además de lo referente a las comunicaciones, en lo que se pudo observar una gran mejora fue en aspectos tales como la funcionalidad añadida en el control de pantallas y la capacidad de insertar los datos por medio de un archivo Excel y no tener que tocar el código prácticamente para nada en caso de algún cambio en el almacén. De esta forma, la estructura de la instalación se define a través del documento xml a partir del archivo Excel, sin necesidad de tenerla que definir en el propio código. Los únicos casos en los que habría que modificar el código sería si la propia estructura de una máquina cambia o si se varía el layout, para lo cual habría que introducir el nuevo con las identificaciones de las nuevas máquinas (además de introducirlas en el fichero Excel). Tras todo esto, no sólo se ha conseguido un HMI mucho más rápido, sino también eficaz, con más funcionalidad y más cómodo de usar para el operario y de modificar para el programador.

Aunque con la segunda versión se consiguió mejorar el HMI considerablemente, aún se siguen desarrollando ideas nuevas. La siguiente que se ha desarrollado, tras el paso a UDP, ha tenido como principal novedad la de separar la conexión con el PLC y la carga de datos de la estructura en un servicio independiente del programa con las pantallas. Para la configuración de las pantallas, lo único que hay que cambiar es la llamada a la estructura correspondiente, que ahora se hace a la función del servicio que devuelve esa estructura. En el servicio se han copiado todas las funciones referentes al socket, inserción de datos en la estructura, obtención de determinados datos de dicha estructura y reconocimiento de fallos, además de la definición de todas las clases de máquinas, PLC, fallos, etc, y la lectura del archivo xml.

Esto se hizo principalmente para evitar que se saturasen las comunicaciones con el PLC debido a que se puede tener varios escritorios remotos activados al mismo tiempo. Utilizando el servicio, solo hay una aplicación única que se encarga de comunicarse con el PLC y escribir los datos en la estructura. El resto de comunicaciones son locales dentro del propio ordenador.

Cabe decir que esta versión junto con la que incorpora UDP está en prueba todavía. Esto se debe a que el módulo 1 del almacén y las pocas mesas de entrada y salida que se han mostrado, se diseñaron para comunicación TCP junto con un OPC Server y se puso en marcha hace unos meses. Dado que ahora se está montando el módulo 2 y el resto de la zona de entrada y lo único operativo en estos momentos es lo anteriormente descrito, se ha preferido dejarlo como estaba, y montar las nuevas versiones en lo que queda de almacén. Una vez que se de por finalizado el módulo 2, se adaptarán las comunicaciones del módulo 1. Hasta ese momento, eso significa que en lo referente al HMI, hay dos HMIs funcionando, uno con la antigua versión con el TCP en la zona inicial, y la nueva con el UDP y el servicio en las zonas recientemente instaladas.

Debido a que, cómo bien se ha dicho, el HMI con TCP iba muy lento, para poder continuar con esta versión mientras que no esté activo el módulo 2, se decidió hacer algún cambio en el antiguo HMI. Dado que con la versión con UDP se observó que crear procesos hijo podría aligerar el proceso principal, se separó la carga de datos del PLC en otro proceso encargado de leer todas las variables necesarias e introducirlas en varias estructuras que después se leen desde cada función del temporizador de las diferentes pantallas. Debido que con un proceso, la carga de datos seguía siendo lenta, se crearon hasta 5 procesos hijos, cada uno encargado de leer unos datos diferentes del autómata. De esta forma, se permitió que la versión actual no fuese tan lenta y pueda ser “cómoda” para el operario, sin que tenga que esperar hasta varios segundos para que se carguen los datos de una pantalla. Aun así, esto es una solución temporal ya que la definitiva será cuando se instale la versión con UDP.

Para poder adaptar la nueva versión del HMI al módulo 1 no habrá ningún problema ya que no implica ninguna máquina diferente a las del módulo 2, por lo que lo único que habrá que tenerse en cuenta será el parámetro del número del módulo que se le pase a las pantallas.

En lo referente a las OP, hay que comentar que se tuvo bastantes problemas debido a que había veces que se intentaba cargar el programa en la pantalla, y aunque compilaba perfectamente, sin ningún motivo aparente, dejaban de funcionar la botonera de la pantalla mientras que los táctiles funcionaban sin ningún problema. Al final, y tras tener que llamar al servicio técnico, resultó que la versión del TIA Portal había tenido varias actualizaciones que no

se habían detectado. Una vez implementadas, hasta ahora no se ha vuelto a tener ningún problema de este tipo.

Aparte de este problema, ha habido otros referentes al software. Debido a que es bastante nuevo, todavía no está a la venta ninguna versión para ordenadores de 64 bits por los que se ha tenido que trabajar con máquinas virtuales que muchas veces son bastante más lentas que el Windows original. Además, debido a que el personal de la empresa todavía no tenía mucha experiencia con el entorno, se tuvo que perder bastante tiempo en averiguar como funcionaba el software y cómo se podían insertar los distintos dispositivos en el programa.

Dado que el tipo de diseño de las imágenes no ha cambiado, lo único que se debe ir implementando en un futuro, son las nuevas mesas que se vayan introduciendo en la zona de entrada y salida de productos.

Para concluir, comentar que la experiencia obtenida a lo largo de este proceso ha sido bastante satisfactoria debido a que no sólo se ha podido simular el software con un PLC en una oficina, sino que se ha podido observar cómo funciona en una instalación de verdad con máquinas a tamaño real.



## 8. Referencias

### Almacén

**Directorio de documentos:**

<http://www.elprisma.com/apuntes/apuntes.asp?page=2&categoria=604>

**Tipos de almacenes:**

<http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/7%20Almacenes.pdf>

**Aprovechamiento de los almacenes:**

<http://html.rincondelvago.com/aprovechamiento-de-los-almacenes.html>

**Logística de almacenes:**

<http://es.scribd.com/doc/3746404/Logistica-Almacenes1>

**Sistemas de almacenamiento logísticos modernos:**

<http://www.scielo.org.pe/pdf/id/v12n1/a06v12n1>

**Sistemas automáticos de almacenamiento y recepción (utilizado para transportadores):**

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r37124.PDF>

**Automatización de almacenes, ventajas y desventajas:**

<http://www.asersa.com/asersa/Articulos/Articulos37.pdf>

### SCADA

**Introducción a SCADA:**

<http://www.uco.es/investigacion/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>

**Automatización industrial, aproximación teórica a los sistemas SCADA:**

[http://formacion.plcmadrid.es/descargas/docs/proyecto\\_automatizacion.pdf](http://formacion.plcmadrid.es/descargas/docs/proyecto_automatizacion.pdf)

**Diferencias entre los sistemas SCADA y los SCD:**

<http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>

## HMI

### **Introducción a HMI:**

<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

### **El ABC de la automatización, HMI:**

<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>

### **Sistemas de supervisión y explotación:**

<http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema14.pdf>

## Protocolos de comunicación

### **Wikipedia, Transmission Control Protocol:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_Control\\_Protocol](http://es.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol)

### **Wikipedia, User Datagram Protocol:**

<http://es.wikipedia.org/wiki/UDP>

### **TCP vs UDP:**

<http://www.skullbox.net/tcpudp.php>

### **Protocolo TCP:**

<http://es.kioskea.net/contents/internet/tcp.php3#q=Protocolo+tcp&cur=1&url=%2F>

### **Protocolos:**

<http://etica-ruben-7.blogspot.com/>